

# 长江经济带物流业碳排放测算及其驱动要素研究

胡小飞<sup>1</sup> 王秀慧<sup>1,2</sup> 吴爽<sup>11</sup>

(1. 南昌大学 管理学院, 江西 南昌 330031;

2. 华南理工大学 工商管理学院, 广东 广州 510640)

**【摘要】:** 应用碳足迹方法测算了长江经济带 11 省市物流业 2006—2016 年的碳排放量, 并利用灰色关联法剖析了不同省市碳排放的主要驱动要素。结果表明: 长江经济带物流业碳排放总量整体呈波动上升趋势, 与经济发展水平相符, 江西、贵州、重庆、安徽、云南 5 省市的碳排放量较低, 四川、湖南、浙江、湖北 4 省的碳排放量居中, 江苏、上海 2 省市的碳排放量较高, 中下游地区的碳排放总量与增速大于上游地区; 主要驱动要素的影响力总体为: 碳排放效率>城镇化水平>能源结构>人口规模>物流业固定资产投资>物流规模, 但 6 大因素在不同省市物流业碳排放量中的贡献不一致; 物流业碳排放与经济发展多数年份处于弱脱钩状态。建议完善物流碳减排政策制度、建立长江经济带物流信息平台、调整能源结构等低碳路径, 达到生态优先和绿色发展的目标。

**【关键词】:** 长江经济带 碳排放 灰色关联分析 驱动要素

**【中图分类号】:** F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2019)07-049-07

## 1 引言

碳排放是国内外广泛关注的热点问题, 物流业是能源消耗及碳排放大户。据统计, 2006—2016 年中国物流业能源消费量年均增长率达 7.87%, 明显高于全国能源消费量年均增长率的 4.29%, 物流业能源消费量占总能源消费总量的比重由 2006 年的 6.49% 上升到 2016 年的 9.09%<sup>[1]</sup>, 因此, 中国物流业面临巨大的节能减排压力。长江经济带横跨我国东中西三大区域, 是具有全球影响力的内河经济带, 随着物流业的快速发展, 长江经济带物流业能源消费总量占全国的比重由 2006 年的 36.88% 上升到 2016 年的 38.44%<sup>[1]</sup>, 由此带来的能源消耗及碳排放量增加已影响到区域绿色发展。因此, 定量描述长江经济带物流业碳排放量的时空变异并分析其驱动要素具有重要的现实意义。

国内外学者已对物流业特别是交通运输业碳排放量、碳排放强度、碳减排等进行了研究, 学者们大多采用能源消耗折算再加总的方式计算碳排放量, 但具体测算方式有所不同<sup>[2-12]</sup>。如 Duan 等<sup>[3]</sup>采用简化生命周期评价法计算了中国道路、铁路、水路和航空等运输方式的碳排放; Focas<sup>[4]</sup>采用自上而下的方法调查研究了伦敦与纽约的远郊地区交通产生的 CO<sub>2</sub> 排放量; Yoon 等<sup>[5]</sup>使用多区域投入产出分析来研究国际运输的具体碳排放量, 并使用结构分解法分析排放量的潜在影响因素; 刘丙泉等<sup>[6]</sup>采用 Kaya 恒等式, 用标准煤系数折算成标准量, 结合 IPCC 提供的碳排放参考方法, 计算了我国 29 个省份历年物流业碳排放量; 孙强和沈玉志<sup>[7]</sup>以过程分析为切入点, 结合物流行业数据, 利用 IPCC 中提供的碳排放因子和碳排放系数, 计算了物流业碳足迹; 尹鹏等<sup>[8]</sup>同样采取自上而下的方法, 利用交通工具能耗量乘以各类能源碳排放系数计算出交通运输碳排放量; 王丽萍与刘明浩<sup>[9]</sup>采用投入产出法对中国 1997—2014 年物流业直接能源消耗碳排放量与隐含碳排放量进行计算; 周叶等<sup>[10]</sup>测算了天津、吉林、安徽和陕西 4 省市

**作者简介:** 胡小飞(1974-), 女, 江西分宜人, 博士, 教授, 研究方向为自然资源管理和生态评价。E-mail: huxiaofei@ncu.edu.cn。  
**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目“城乡梯度绿地土壤温室气体排放的时空变异及驱动机制”(31770749)。

2005—2014 年物流行业碳排放量。这些物流业碳排放的研究大多是基于国家或省域层面,未有文献对长江经济带这一区域进行研究。虽然黄慧与李康<sup>[11]</sup>计算了长江经济带 11 省市服务业的碳排放总量、碳排放效率,黄国华等<sup>[12]</sup>计算了长江经济带 11 省市历年的碳排放量、碳吸收量,但未有文献对具体物流业碳排放进行研究。

国内外关于影响物流业碳排放变化的因素主要集中在研究交通运输环节 CO<sub>2</sub> 排放量的影响因素上。Xu & Lin<sup>[13]</sup>采用省级面板数据和非参数加性回归模型,对中国交通运输业 CO<sub>2</sub> 排放的主要影响因素进行了研究。Lin & Benjamin<sup>[14]</sup>研究了中国交通运输业 GDP、能源强度、碳强度、城市化人口对 CO<sub>2</sub> 排放的影响。Talbi<sup>[15]</sup>认为,1980—2014 年突尼斯运输部门 CO<sub>2</sub> 排放量变化受道路交通强度能源、经济增长、城市化和燃料消耗的影响。Melo<sup>[16]</sup>研究了苏格兰地区道路运输 CO<sub>2</sub> 排放量与城市化、车辆拥有量、收入水平和货运量的关系。Chandran & Tang<sup>[17]</sup>使用协整和格兰杰因果关系方法,评估了运输部门的能耗量和外国直接投资以及经济增长对于东盟 5 国经济体整体 CO<sub>2</sub> 排放量的影响。Andreoni & Galmarini<sup>[18]</sup>分析了欧盟水运和航运部门的 CO<sub>2</sub> 排放强度、能源强度、结构变化和经济活动增长效应,认为经济是使 CO<sub>2</sub> 排放量增加的主导因素。姚冠新等<sup>[19]</sup>运用 STIRPA 模型研究了农村物流碳排放的影响因素,利用 Tapio 模型分析了农村物流碳排放与地区经济增长的脱钩情况。张立国<sup>[20]</sup>分析了物流业碳排放系数、GDP 水平、能源强度、物流增加值、人口规模效应等要素对中国各省市物流业 CO<sub>2</sub> 排放量的影响。这些研究所用的方法各异,主要是基于国家与省域层面的研究。虽然李建豹和黄贤金<sup>[21]</sup>构建了空间面板模型分析人口总量、城市化水平、产业结构、经济水平与技术水平对长江经济带碳排放的影响,宁亚东等<sup>[22]</sup>构建加权因素分解模型分析了长江经济带碳排放的驱动因素,但其采用的是模型构建法,研究的是长江经济带整体的碳排放影响因素,有关长江经济带物流业碳排放驱动因素的研究较少。

综上所述,国内外对于物流业碳排放量的研究虽然取得了一定的进展,但总体上还处于初步探索阶段,目前的研究侧重从国家和省际角度进行实证分析,有关长江经济带物流业碳排放时空变异与驱动要素的研究较少。为此,本文采用碳足迹法在计算长江经济带 11 个省市物流业碳排放量的基础上,对影响物流业碳排放的因素进行灰色关联分析,并用脱钩模型分析长江经济带物流业经济发展与碳排放之间的脱钩关系,最后提出相应的解决措施,从而实现长江经济带的绿色低碳可持续发展。

## 2 研究区概况与计算模型

### 2.1 研究区概况

长江经济带是我国区域发展三大战略之一,可划分为上、中、下游地区,上游地区包括云南省、贵州省、四川省、重庆市;中游地区包括湖南省、湖北省、江西省、安徽省;下游地区包括浙江省、江苏省、上海市。其土地面积约 205 万平方千米,约占全国总地域面积的 21.35%,2016 年长江经济带人口与生产总值分别达到全国的 42.77%与 44.74%,能源消费总量占我国总量的 38.44%,在我国的碳排放中起着重要作用<sup>[23]</sup>。长江经济带近年来物流业增长较快,2016 年物流业增加值占我国总量的 41.26%<sup>[23]</sup>,能源消耗总量不断增加,导致碳排放量增加,对环境造成较大影响。如何节能减排与进行生态环境保护是长江经济带物流业可持续发展面临的一大问题。

### 2.2 计算模型

#### 2.2.1 碳足迹计算模型

本文采用《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》提供的基本方法及基于能量值的相关能源缺省排放因子<sup>[24]</sup>,选取物流业常用的 8 种能源计算碳排放量。考虑到 IPCC 碳排放系数中是以第  $j$  种能源热值等量的标准煤的碳排放量系数,本文根据《2008 年中国能源统计年鉴》给出的各种能源转标准煤的平均低位发热量系数计算出基于单位质量燃料的碳排放系数。能源碳足迹计算模型如下:

$$CF_n = \sum_{j=1}^n E_{ij} \times K_j = \sum_{j=1}^n E_{ij} \times \frac{A_j \times B_j \times D_j}{10^6} \quad (1)$$

式中:  $i$  代表  $i$  省;  $j$  代表第  $j$  种能源;  $CF_n$  代表长江经济带碳排放总量 (t);  $E_{ij}$  为各省份不同种类的能源消费量 (t), 本文选取交通运输、仓储和邮政业所需能源, 数据来源于 2007—2017 年《中国能源统计年鉴》<sup>[1]</sup>;  $K_j$  为不同种类的能源基于单位质量燃料的碳排放系数 (tC/t, 天然气单位为  $\text{kgC}/\text{m}^3$ );  $A_j$  为不同种类能源 2006 年 IPCC 碳排放系数 ( $\text{kgC}/\text{GJ}$ );  $B_j$  为不同种类能源碳氧化因子, 这里取 1;  $D_j$  为不同种类能源平均低位发热量 ( $\text{kJ}/\text{kg}$ , 天然气单位为  $\text{kJ}/\text{m}^3$ )。不同能源种类各系数如表 1 所示。

表 1 不同能源种类系数表

能源种类	$A_j$	$D_j$	$B_j$	$K_j$
原料煤	25.80	20908	1.00	0.51
汽油	18.90	43070	1.00	0.80
煤油	19.60	43070	1.00	0.83
柴油	20.20	42652	1.00	0.84
燃料油	21.10	41816	1.00	0.86
天然气	15.30	38931	1.00	0.59
液化石油气	17.20	50179	1.00	0.85

电力碳排放系数根据《省级温室气体清单编制指南》<sup>[25]</sup>对长江经济带各省市采用的碳排放系数标准 ( $\text{kg}/\text{kW} \cdot \text{h}$ ), 云南省、贵州省为 0.741, 湖北省、湖南省、江西省、重庆市、四川省为 0.801, 上海市、江苏省、浙江省、安徽省为 0.928。

### 2.2.2 灰色关联分析法

灰色关联分析法的主要步骤如下<sup>[26]</sup>:

(1) 确定参考数列和比较数列。

选取长江经济带代表省市 2006—2016 年碳排放量作为参考数列, 用  $x_0 = [x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(t)]$  表示。比较数列记物流规模为  $x_1$ , 人口规模为  $x_2$ , 碳排放效率为  $x_3$ , 能源结构为  $x_4$ , 物流业固定资产投资为  $x_5$ , 城镇化水平为  $x_6$ 。

(2) 数据无量纲归一。

用均值化无量纲化的方法对数据进行无量纲归一, 即用该数列平均值去除该数列所有数据。

(3) 计算灰色关联系数  $\xi_i$ 。

$$\xi_i(t) = \frac{\min_i[\Delta_i(\min)] + \rho \max_i[\Delta_i(\max)]}{|x_0(t) - x_i(t)| + \rho \max_i[\Delta_i(\max)]} \quad (2)$$

$$\Delta_i(\min) = \min_i |x_0(t) - x_i(t)| \quad (3)$$

$$\Delta_i(\max) = \max_i |x_0(t) - x_i(t)| \quad (4)$$

其中:t 表示第 t 年;  $\rho$  为分辨系数, 本文取 0.5。

(4) 求灰色关联度  $r_i$ 。

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \xi_i(t) \quad (5)$$

关联度越靠近 1, 关联程度越高。

### 2.2.3 脱钩分析法

脱钩指数的计算公式为<sup>[27]</sup>:

$$DI=CF/CG \quad (6)$$

式中:DI 为脱钩指数, 表示物流业碳排放与经济增长之间的脱钩状态;CF 是物流业碳排放增长速度;CG 指 GDP 增长速度。当  $DI \geq 1$  且  $CF > 0$ 、 $CG > 0$  时, 为扩张性负脱钩阶段;当  $0 < DI < 1$  且  $CF > 0$ 、 $CG > 0$  时, 为弱脱钩阶段;当  $DI < 0$  且  $CG < 0$ 、 $CF > 0$  时, 为强负脱钩阶段;当  $DI < 0$  且  $CG > 0$ 、 $CF < 0$  时, 为强脱钩阶段。

### 2.3 数据来源

目前中国缺少省际物流业能源消费数据, 而交通运输、仓储、邮政是构成物流业的主体, 本文采用交通运输、仓储、邮政能源消耗数据, 选取原料煤、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气、电力、液化石油气 8 种能源作为物流业主要能源消耗类型, 数据来自《中国能源统计年鉴》(2007—2017 年)<sup>[1]</sup>。物流规模用物流产业增加值表示, 产业增加值采用 2006 年不变价来剔除价格变动影响。人口规模指各省市的年末人口数。碳排放效率用碳排放量除以物流业增加值表示, 数据剔除价格因素。能源结构主要指物流业各种能源消费的比重, 用能源结构系数表示<sup>[11]</sup>。物流业固定资产投资用交通运输、仓储和邮政业的全社会固定资产投资表示。城镇化水平采取地区城镇人口占地区总人口比重表示。这些数据来源于《中国统计年鉴 2017》<sup>[23]</sup>、《中国能源统计年鉴》(2007—2017 年)<sup>[1]</sup>、《中国第三产业统计年鉴 2017》<sup>[28]</sup>、《中国物流年鉴 2017》<sup>[29]</sup>。

## 3 结果分析

### 3.1 长江经济带物流业碳排放量分析

长江经济带 11 省市物流业碳排放量不均衡, 存在显著差异(图 1)。2006—2016 年, 11 省市物流业碳排放量可分为 3 个梯度, 上海市、江苏省为高碳排放区域, 其物流业碳排放量在长江经济带乃至全国都居于前列, 平均值分别在 842.13 万~1124.85 万吨

之间。湖北省、浙江省、湖南省、四川省为中碳排放区域,其碳排放量平均值介于 517.35 万~753.53 万吨之间。江西省、贵州省、重庆市、安徽省和云南省为低碳排放区域,该类地区的碳排放量平均值介于 290.39 万~492.94 万吨之间。下游地区的物流业碳排放量显著高于中上游地区。

长江经济带各省市物流业碳排放总量整体表现出波动上升的趋势。安徽省和贵州省物流业碳排放量年平均增速居长江经济带前列,分别达 11.54%和 11.34%,可能与其持续扩大的物流业务规模有关。重庆市和湖南省物流业碳排放量年平均增速分别为 9.69%和 8.26%(图 1),其中,湖南省在 2008 年和 2012 年出现负增长,可能与 2008 年湖南省遭遇特大雪灾使交通受阻,物流业汽油与柴油消费量减少有关。湖南省 2012 年碳排放量的负增长可能受国家清洁能源使用与节能减排等政策落实的影响。重庆市 2009 年与 2014 年出现碳排放量负增长。

2006—2016 年,四川省、江苏省与江西省物流业的碳排放量增长率分别为 7.56%、7.77%和 7.92%(图 1)。其中,四川省碳排放量波动较大,2009 年达到第一个峰值,随后波动下降到 2013 年达到最低点,可能与其落实“十二五”控制温室气体排放工作方案采取措施,汽油、柴油与煤油的消费量都达到历年最低有关,2013 年后波动上升到 2016 年又达到第二个峰值。江苏省增速呈现前期上升后期下降的趋势,特别是 2013 年增速明显放缓,可能与物流业发展规模趋缓有关。江西省物流业碳排放量逐年增长,其增长率在 2010 年与 2013 年达到两个峰值,分别为 21.1%与 23.5%,2010 年可能与汽油消耗量增加有关,而 2013 年可能与柴油消耗量增加有关。

湖北省、云南省与浙江省的平均增长率相差不大,介于 5.74%~5.94%之间。其中浙江省的增长率研究前期较快、后期较慢,但呈现每年增长的趋势;湖北省 2011 年与 2016 年出现两个增长高峰,分别达 22.0%与 22.3%,但于 2009 年、2012 年、2013 年呈现负增长(图 1)。云南省的碳排放量除了 2013 年与 2015 年出现负增长外,其余年份均平稳增长,出现下降可能与其柴油使用比例下降有关。上海市物流业碳排放始终保持在最高水平的位置上,其碳排放量由 2006 年的 930.54 万吨增长到 2016 年的 1332.41 万吨,年均增长速率为 3.66%(图 1),除 2013 年、2014 年出现负增长,2007 年、2016 年快速增长外,其余年份较平稳。

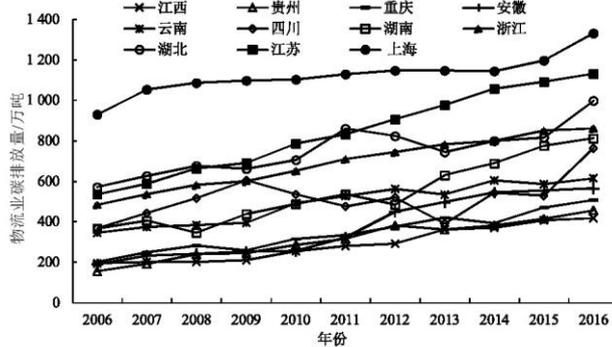


图 1 2006-2016 年长江经济带各省市物流业碳排放量动态变化

### 3.2 长江经济带物流业碳排量驱动因素分析

虽然我国一直提倡节能减排,并且鼓励采用创新技术减少物流各环节的碳排放量,但物流业碳减排效果不太明显,因此需要研究物流业碳排放的影响因素并采取措施从根本上解决问题。通过灰色关联方法对原始数据进行处理后,可得到长江经济带各省市碳排放影响因素灰色关联度(图 2)。长江经济带 11 省市碳排放效率与碳排放量的灰色关联度平均值为 0.80,说明碳排放效率对碳排放量的影响最大;其次是城镇化水平,其灰色关联度平均值为 0.71;其他 4 种因素与碳排放量的灰色关联度平均值相差不大,介于 0.61~0.65 之间,其排序为:能源结构>人口规模>物流业固定资产投资>物流规模。因此,从总体来看,6 种因素与碳排放量的灰色关联度平均值均大于 0.60,对碳排放影响为强关联,但 11 省市 6 种因素对碳排放量的影响存在较大差异。

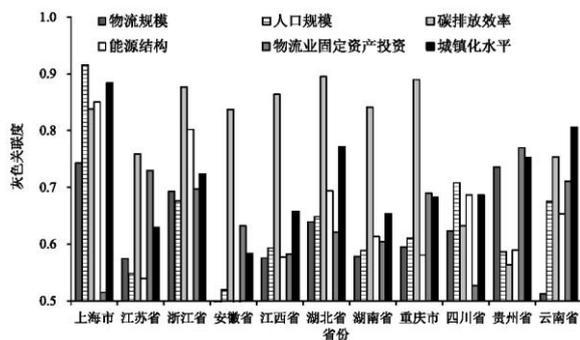


图2 长江经济带各省市碳排放量影响因素灰色关联度图

(1) 物流规模。

物流业产值增加一般会导致 CO<sub>2</sub> 排放量增加。长江经济带 11 省市的物流规模与碳排放的灰色关联度均在 0.75 以下。其中：上海市的灰色关联度系数最高，为 0.744，但在上海市 6 个影响因素中排名第 5；贵州省的灰色关联度为 0.736，在贵州省 6 个影响因素中排名第 3，主要是由于近年来贵州省物流业发展较快，物流业增加值年均增长率达 22.05%，增速居长江经济带之首；安徽省物流规模与碳排放的灰色关联度最小，仅为 0.47，排名最后，主要是由于安徽省的物流业增加值基数小，2016 年仅为江苏省的 11.58%，安徽省 2006—2016 年物流规模与碳排放的灰色关联度年均增长率仅为 7.28%，仅高于云南省的 6.44%，因此安徽省有待于增大物流业务量，加强物流基础设施建设。

(2) 人口规模。

长江经济带人口规模在 2006—2016 年增幅不大，但人口规模对于长江经济带物流业碳排放量影响的灰色关联度显著，且人口规模与碳排放的灰色关联度在 11 省市中差异很大。上海市人口规模与碳排放的灰色关联度最高，达 0.9165，上海市从事物流行业的城镇就业人数居长江经济带之首，2016 年为 51.08 万人；其次是四川省，灰色关联度为 0.7090，四川省从事物流行业的城镇就业人数 2016 年也达 40.43 万人，上海市与四川省的人口规模均在各自省市 6 个影响因素中排名第 1。其余省市人口规模与碳排放的灰色关联度均介于 0.50~0.70 之间，排名在 6 个影响因素中位于第 3~第 6 之间。一方面，由于人口规模的扩大会直接导致对物流需求的扩大，使得碳排放量逐渐增长；另一方面，人口规模的增加使生存空间的需求加大，减少了森林、绿地等碳汇面积，降低了碳汇功能对 CO<sub>2</sub> 的吸收，间接导致碳排放量的增加。因此，需重视人口增长导致物流业碳排放量增加对环境带来的影响和压力。

(3) 碳排放效率。

云南省物流业碳排放强度居长江经济带之首，说明其单位 GDP 碳排放量大，还有很大的提升空间，云南省碳排放强度与碳排放量的灰色关联度为 0.7539，仅次于城镇化水平；上海市、浙江省、安徽省、江西省、湖北省、湖南省与重庆市物流业碳排放强度与碳排放灰色关联度介于 0.83~0.90 之间，除上海市的碳排放强度在各影响因素中排名第 3 外，其余省市的碳排放强度在各影响因素中均排名第 1。上游地区的贵州省与四川省的碳排放强度较高，历年平均值基本相同，但贵州省与四川省的碳排放强度与碳排放量的灰色关联度仅为 0.5641 与 0.6327，与其他省市相比，灰色关联度相对不强，说明其碳排放强度具有进步的空间。特别是贵州省这样资源丰富的省份，如果提高其科技发展水平，碳排放效率将很有较大提升，可避免造成资源的浪费。

(4) 能源结构。

长江经济带清洁能源在各省市的物流能耗百分比较低，能源结构以汽油、柴油等化石燃料为主。长江经济带 11 省市的能源

结构在各自省市 6 个影响因素中排名介于第 2 与第 6 之间, 平均值排名第 3, 各省市空间差异大。下游地区的浙江省与上海市的能源结构与物流业碳排放属于强关联, 灰色关联度分别为 0.80 与 0.85, 分别在其灰色关联度中排名第 2 与第 3, 上海市物流业能源消费以燃料油和煤油为主, 而浙江省以柴油和汽油为主, 但燃料油与煤油的使用量呈快速增长。中上游地区的湖南省、湖北省、云南省与四川省能源结构与物流业碳排放的灰色关联度介于 0.61~0.70 之间, 为中等关联。近年来, 浙江省、湖北省、湖南省、云南省与四川省物流业能源结构中煤的使用比例在下降, 油品、天然气的使用比例不断上升, 但其能源消费结构还需要继续调整。安徽省能源结构与碳排放的灰色关联度小于 0.50, 关联性较弱, 主要是安徽省物流业消费主要以柴油与汽油为主。

(5) 物流业固定资产投资。

长江经济带不同省市物流业固定资产投资与碳排放的灰色关联度的空间差异较大, 灰色关联度介于 0.51~0.77 之间。贵州省、江苏省和云南省物流业固定资产投资与碳排放的灰色关联度高达 0.77、0.73 和 0.71, 属于强相关, 这与近年来贵州省与云南省政府积极加大高速公路建设、加大道路固定资产投资以提高道路通畅率有关。江苏省物流业固定资产投资年增长率为下游省份之首, 达 14.97%。而江西省、四川省、上海市物流业固定资产投资与碳排放的灰色关联度均小于 0.60, 说明其物流业固定资产投资对碳排放影响关联度较弱, 在 6 种影响因素中排名居第 5~6 位。其余省市物流业固定资产投资与碳排放的灰色关联度均介于 0.60~0.70 之间。

(6) 城镇化水平。

城镇化水平不管在长江经济带上游、中游还是下游地区, 对物流业碳排放的影响始终都排名靠前, 属于强关联。11 省市中上海市的城镇化水平与碳排放的灰色关联度最大, 达 0.88, 在上海市各因素中排名第 2; 其次是云南省, 其城镇化水平与碳排放的灰色关联度为 0.81; 中下游地区的江苏省、浙江省、安徽省的城镇化水平与碳排放的灰色关联度在各自省市 6 个影响因素中均排名第 3 位, 重庆市、四川省、贵州省、江西省、湖南省与湖北省的城镇化水平与碳排放的灰色关联度在各自省市 6 个影响因素中排名第 2。因此, 可认为城镇化水平对物流业碳排放的影响显著, 大致呈同步增加趋势, 这与张立国<sup>[20]</sup>的研究结果一致。一方面, 由于人口和资源集聚, 资源得到充分利用, 可抑制物流业碳排放; 另一方面, 城镇化的发展带来了消费模式的变化, 物流数量增加与物流水平提高的需求又促进了碳排放量的增加, 从而使城镇化水平成为物流业碳排放的正向显著影响因素。

3.3 长江经济带物流业碳排放与经济增长脱钩分析

长江经济带除 2007 年与 2016 年物流业碳排放增长速度大于经济增长速度, 表现为扩张性负脱钩外, 其余年份物流业碳排放增长速度均小于经济增长速度为弱脱钩(表 2)。其中, 2007 年, 上海市、安徽省、重庆市、四川省、贵州省为扩张性负脱钩; 2008 年, 湖南省为强脱钩, 但四川省与贵州省为扩张性负脱钩; 2009 年, 湖北省与重庆市为强脱钩, 四川省、云南省、安徽省与上海市为强负脱钩; 2013 年, 上海市、湖北省、四川省、贵州省与云南省为强脱钩, 江苏省、浙江省、安徽省、江西省与湖南省为扩张性负脱钩; 2015 年, 四川省与云南省为强脱钩, 安徽省、江西省、湖南省与重庆市为扩张性负脱钩; 2016 年, 上海市、湖北省、四川省与贵州省为扩张性负脱钩。其余年份大多是物流业碳排放增长速度低于物流业增加值增长速度, 物流业经济增长与碳排放呈弱脱钩状态, 估计与中国政府 2007 年颁布《中华人民共和国节约能源法》, 2009 年在哥本哈根大会上提出“单位 GDP 碳排放降低 40%~45%”及 2010 年在“十二五”规划提出“单位 GDP 碳排放降低 17%”的节能减排目标相关, 使得物流业碳排放量的增长变缓, 促进了长江经济带物流业的低碳发展。

表 2 长江经济带 11 省市 2007-2016 年物流业碳排放与经济增长脱钩指数

省市	年份									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
上海	1.646	0.486	-0.056	0.018	0.554	0.550	-0.011	-0.032	0.558	1.224

江苏	0.803	0.754	0.253	0.563	0.288	0.850	1.014	3.418	0.747	0.761
浙江	0.630	0.720	0.421	0.405	0.727	0.818	1.396	0.147	0.942	0.131
安徽	1.270	0.301	-0.290	0.123	2.152	3.880	1.201	0.882	1.732	0.467
江西	0.329	0.034	1.474	1.622	0.726	0.179	3.089	0.570	2.723	0.288
湖北	0.746	0.365	-0.203	0.381	1.434	-0.565	-0.627	0.754	0.429	5.026
湖南	0.872	-1.537	0.778	0.608	0.699	-0.705	3.370	1.287	4.744	0.960
重庆	9.900	0.836	-0.690	1.801	0.361	0.991	0.907	-0.311	2.544	0.692
四川	1.509	1.497	-2.103	-1.143	-0.973	0.863	-3.942	0.928	-0.193	2.142
贵州	1.034	2.622	0.021	0.779	0.467	1.275	-0.398	0.798	0.748	1.403
云南	0.719	0.204	-0.138	3.239	0.566	0.490	-0.496	2.433	-0.550	0.626
总体	1.027	0.495	0.591	0.395	0.524	0.552	0.281	0.642	0.802	1.242

## 4 结论及建议

本文用碳足迹法测算了长江经济带 11 省市的物流业碳排放量,并用灰色关联分析法探索了物流业碳排放量的影响因素。结果表明:长江经济带 11 省市物流业碳排放总量与其经济发展水平高度相关;物流规模、人口规模、碳排放效率、能源结构、物流业固定资产投资、城镇化水平 6 个因素与长江经济带各省市物流业碳排放量的关联度存在明显差异;长江经济带物流业碳排放与经济增长除少数年份为扩张性负脱钩外,多数年份处于弱脱钩状态。为此,本文提出以下建议:

(1) 制定与完善物流减排政策与制度。政府可制定优先供应绿色物流园区土地、税收减免优惠及设立碳减排资金等政策,大力支持物流产业绿色低碳发展。可围绕物品流动过程编制碳排放清单,完善与物品流动过程相适应的碳排放信息披露制度。同时优化物流过程中企业碳减排行为的激励与约束机制,构建低碳物流相关的制度体系,从而大大降低其物流碳排放水平。制定长江经济带物流产业减排规划,明确上中下游碳排放的目标值,并出台针对冷链物流、城乡配送、逆向物流等领域的专项规划。城镇化建设时,政府方面合理规划城市道路交通基础建设,减少出现交通拥挤堵塞等现象,以减少物流业碳排放。

(2) 建立高效的长江经济带物流信息平台,增强物流信息的交互性与共享性。通过 RFID 上的货物运程信息,结合 GPS 和 GIS 上的城市路线信息,加上平台上的企业共享信息,推行共同配送,提高货载率,避免无效耗能运输,提升资源利用率,达到节约能源与减少碳排放的目的。制定物流信息标准、物流服务标准与物流管理标准等以推进长江经济带物流信息服务平台建设,从而使物流产业运作更为高效与低碳。

(3) 下游地区率先应用物流新技术降低碳排放量。长江经济带下游地区城镇化率高,物流企业多,仅江苏省物流企业就占全国比重的 11.37%,交通运输中使用清洁能源与可再生能源的新型电动与混合动力车辆较多,在大数据、云计算、“互联网+”等领域的应用中处于国内领先地位,同时 RFID、EDI、GPS、GIS 等新技术广泛应用于物流业。为此要发挥下游地区物流业信息技术的领军作用,推广物流新技术的应用,形成示范效应。

(4) 中游地区利用物流业区域优势提高碳排放效率。中游地区是贯通上下游、承东启西的通道,可加强与下游地区的物流联系,借鉴与引进下游地区先进的物流信息技术,构建有利于上下游合作与物资运送的物流枢纽,从而推动长江经济带物流业的合作发展<sup>[30]</sup>。同时要对长江经济带物流基础设施空间布局重新进行优化,采取措施提高碳排放效率,如在运输环节大力推广多式联运,整合物流资源,将转换运输方式的时间最简化;在仓储环节,尽量使用可重复利用的储物,仓库的建设使用绿色建筑材料,利用智能仓储管理系统来提高整个运作水平效率以减少碳排放。

(5) 上游地区调整能源结构与加强人力引进。上游地区可提高风能、太阳能、海洋能、生物质能和潮汐能等新能源的使用比

---

例,从而优化能源结构。开展物流设备节能减排技术推广,适当采取政府补助的方式,为物流车辆装备尾气净化装置,逐步淘汰落后车辆,选购替代燃料及排污量小的物流车型,尝试新型电动车辆的物流运营。云南省加强跨境物流体系建设,重庆市强化上游地区航运中心和物流中心功能,四川省与贵州省分别利用其区位优势与资源优势推动国内外物流发展<sup>[90]</sup>。同时要引进与培育高水平物流技术人才,出台相关激励政策,鼓励物流企业引进人才开展物流活动研发与技术创新。

#### 参考文献:

- [1]国家统计局能源统计司.中国能源统计年鉴(2007-2017)[M].北京:中国统计出版社,2007-2017.
- [2]冯宗宪,陈志伟.区域能源碳排放与经济增长的脱钩趋势分析[J].华东经济管理,2015(1):50-54.
- [3]Duan H B, Hu M W, Zhang Y K, et al.Quantification of carbon emissions of the transport service sector in China by using streamlined life cycle assessment[J].Journal of Cleaner Production, 2015, 95:109-116.
- [4]Focas C.The unsustainability of exurban development in London and New York:Calculating transport CO<sub>2</sub> emissions[J].Journal of Environmental Planning and Management, 2017, 60 (5) :901-919.
- [5]Yoon Y, Yang M, Kim J.An analysis of CO<sub>2</sub> emissions from international transport and the driving forces of emissions change[J].Sustainability, 2018, 10 (5) :1677.
- [6]刘丙泉,程凯,马占新.城镇化对物流业碳排放变动影响研究[J].中国人口·资源与环境,2016(3):54-60.
- [7]孙强,沈玉志.逆向物流碳足迹动态变化及影响因素分析[J].生态经济,2016(6):52-56.
- [8]尹鹏,段佩利,陈才.中国交通运输碳排放格局及其与经济增长的关系研究[J].干旱区资源与环境,2016(5):7-12.
- [9]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(1):195-206.
- [10]周叶,郭玲俊,唐恩斌.基于 EKC 的省域物流行业碳排放特征—中国四省域的实证[J].北京交通大学学报(社会科学版),2018(1):85-93.
- [11]黄慧,李康.基于碳足迹测定的湖北省服务业低碳水平及影响因素研究—长江经济带主要省市的区域比较[J].湖北社会科学,2017(6):69-74.
- [12]黄国华,刘传江,李兴平.长江经济带工业碳排放与驱动因素分析[J].江西社会科学,2016(8):54-62.
- [13]Xu B, Lin B Q.Factors affecting carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in China's transport sector:A dynamic nonparametric additive regression model[J].Journal of Cleaner Production, 2015, 101:311-322.
- [14]Lin B, Benjamin N I.Influencing factors on carbon emissions in China transport industry.A new evidence from quantile regression analysis[J].Journal of Cleaner Production, 2017, 150:175-187.
- [15]Talbi B.CO<sub>2</sub> emissions reduction in road transport sector in Tunisia[J].Renewable&Sustainable Energy Reviews,

---

2017, 69:232-238.

[16]Melo P C.Driving down road transport CO<sub>2</sub> emissions in Scotland[J].International Journal of Sustainable Transportation, 2016, 10 (10) :906-916.

[17]Chandran V G R, Tang C F.The impacts of transport energy consumption, foreign direct investment and income on CO<sub>2</sub>emissions in ASEAN-5 economies[J].Renewable&Sustainable Energy Reviews, 2013, 24:445-453.

[18]Andreoni V, Galmarini S.European CO<sub>2</sub> emission trends:Adecomposition analysis for water and aviation transport sectors[J].Energy, 2012, 45 (1) :595-602.

[19]姚冠新, 赵子琪, 胡百灵. 中国农村物流碳排放与地区经济增长的脱钩趋势研究[J]. 华东经济管理, 2017(11) :51-56.

[20]张立国. 中国物流业二氧化碳排放变化驱动因素分析[J]. 中国流通经济, 2016(12) :29-39.

[21]李建豹, 黄贤金. 基于空间面板模型的碳排放影响因素分析--以长江经济带为例[J]. 长江流域资源与环境, 2015(10) :1665-1671.

[22]宁亚东, 章博雅, 丁涛. 长江经济带碳排放脱钩状态及其驱动因素研究[J]. 大连理工大学学报, 2017(5) :459-466.

[23]中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2017[M]. 北京:中国统计出版社, 2017.

[24]IPCC. 2006年 IPCC 国家温室气体清单指南[R]. 日本:日本全球环境战略研究所, 2006.

[25]国家发展改革委能源研究所, 清华大学, 中科院大气所, 等. 省级温室气体清单编制指南(试行)[EB/OL]. (2011-05). <https://wenku.baidu.com/view/c28d051b52d380eb62946df5.html>.

[26]钱明霞. 区域制造业及其影响因素灰色关联分析--以常州市为例[J]. 城市问题, 2008(1) :23-28.

[27]彭佳雯, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国经济增长与能源碳排放的脱钩研究[J]. 资源科学, 2011(4) :626-633.

[28]中华人民共和国国家统计局. 中国第三产业统计年鉴 2017[M]. 北京:中国统计出版社, 2017.

[29]中国物流与采购联合会. 中国物流年鉴 2017[M]. 北京:中国财富出版社, 2017.

[30]钟昌宝, 钱康. 长江经济带省域物流效率及空间差异研究--基于改进的空间权重矩阵[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2016(5) :120-127.