

# 长三角区域物流业碳排放规模及其影响因素研究

包耀东<sup>1</sup> 李晏墅<sup>1,2</sup> 张世忠<sup>31</sup>

(1. 南通理工学院商学院, 江苏 南通 226004;

2. 南京师范大学 商学院, 江苏 南京 210023;

3. 无锡德邦物流有限公司物流部, 江苏 无锡 214072)

**【摘要】:** 长三角区域一直是我国经济发展的重要地区,其物流业也一直呈现出蓬勃发展的趋势,但经济发展的同时也对环境造成了不小的压力。论文采用能量系数法估算 2003—2016 年安徽、江苏、浙江和上海三省一市物流产业的碳排放量,定量分析了能源结构、能源效率、产业结构、经济增长和人口 5 种因素对三省一市物流业碳排放规模的影响,研究表明:长三角地区的能源结构因素和产业结构因素对物流业碳排放增加产生了抑制的效果,而能源效率因素、人口因素和经济发展因素对物流业碳排放增加产生了促进的效果。最后从改善能源效率、能源结构、产业结构等方面,提出对长三角区域发展低碳物流的针对性建议和对策。

**【关键词】:** 物流 碳排放 影响因素

**【中图分类号】:** F062.2; F259.22 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2020)11-025-07

物流业是连接生产和消费的重要桥梁与纽带,随着中国物流业的快速发展,物流业在运输、仓储、配送等环节的碳排放量不断增加。从现有文献可知,在环保力度不断加大的背景下,物流业是仅有的碳排放增长行业之一<sup>[1]</sup>。绿色发展是新时代新发展的核心理念,大力发展低碳经济是绿色发展的应有之义。长三角是中国发展水平和质量较高的区域,研究长三角物流业碳排放,分析其碳排放的规模和影响因素,提出合理的建议与对策,对区域经济低碳发展提供有益启示。

## 1 相关理论概述

### 1.1 物流业的概念及特点

根据《中国第三产业统计年鉴 2007》的解释来看,物流业属于第三产业,它包含了交通运输物流、仓储业物流、贸易业物流、流通加工与包装业物流、邮政业物流。国务院在 2014 年 9 月发布了《物流业发展中长期规划(2014—2020 年)》,明确了物流业发展的战略方向,物流业根据五大发展理念,重点发展低碳与环境友好的绿色物流。

---

**作者简介:** 包耀东, 硕士, 副教授, 研究方向为产业经济、物流管理。E-mail:byd888@126.com

李晏墅, 二级教授, 博士研究生导师, 研究方向为企业创新、产业经济。E-mail:2360542045@qq.com

**基金项目:** 江苏省教育科学“十三五”规划重点资助课题“江苏省高等教育与区域经济增长关系的测度研究——以江苏为例”(B-a/2016/01/30);江苏省“十三五”工商管理一级重点建设学科项目(SJY201609);江苏省高校人文社会科学校外研究基地——通沪产业协同发展研究基地项目“长三角区域物流协同发展研究”(2017ZSJD017)。

### 1.1.1 国内研究现状

国内学者主要运用相关数学模型对物流业碳排放进行测度。杨光华<sup>[1]</sup>在对低碳物流发展的研究中提出了分解物流业碳排放影响因素方法,根据研究结果提出了相应低碳物流建议。胡初枝等<sup>[2]</sup>利用 EKC 模型研究了 1995—2005 年的中国碳排放情况,揭示了碳排放强度变化规律。郭朝先<sup>[3]</sup>使用 LMDI 方法研究中国碳排放、分解碳排放影响因素,厘清碳排放影响程度。何建坤和刘滨<sup>[4]</sup>研究了中国经济快速发展中的碳排放及影响因素,提出了可行的低碳发展策略。汪欣和万明<sup>[5]</sup>利用 LMDI 模型从能源结构与效率、产业结构等五大因素分析物流业碳排放变化的原因。孙建卫等<sup>[6]</sup>利用 LMDI 模型从能源结构与强度等 4 个方面,分析 3 个区域碳排放影响因素差异的原因。冯婷婷<sup>[7]</sup>从能源消费等 3 方面分析了新疆物流业碳排放总量及影响因素,提出了低碳物流策略。刘丙泉等<sup>[8]</sup>应用 LMDI 模型,从人口、空间、收入、产业等 4 个方面研究了 2007—2013 年我国省域物流业碳排放变动情况。张晶和蔡建峰<sup>[9]</sup>运用 IPCC 方法估算了 2003—2011 年中国各省份的碳排放总量,研究了引起物流业碳排放地区差异的各因素。刘楠<sup>[10]</sup>应用 LMDI 因素分解法从碳因子、能源结构与强度等视角对碳排放总量影响因素进行分析,甄别了促进和抑制因素。

### 1.1.2 国外研究现状

DeFreitas & Kaneko<sup>[11]</sup>使用 LMDI 建模分析了 2004—2009 年巴西碳排放影响因素。Papagiannaki & Diakoulaki<sup>[12]</sup>利用 LMDI 法研究 1990—2005 年欧洲希腊和丹麦两国客车碳排放,对影响因素进行相关分析。Andreoni & Galmarini<sup>[13]</sup>对意大利经济增长中农业、工业、流通服务业的碳排放来源进行研究。Mahony 等<sup>[14]</sup>采用多因素分解法研究爱尔兰能源消耗与碳排放之间的关系,甄别了驱动因素。

从相关学者的研究可以看出,在研究区域上,国内对面向国家以及面向某一省份的物流业碳排放规模及其影响因素研究较多,而对某一区域内不同主体的对比分析少之又少。在估算区域物流业碳排放总量上,国内外学者大多使用 IPCC 推荐的能源系数法,而对区域物流业碳排放影响因素识别时,则大都使用 LMDI 方法进行分析。关于二氧化碳排放总量国内学者多针对不同影响因素进行分析,而国外学者将碳排放量的影响因素进行分解,针对不同领域进行分析。以上文献为长三角区域省市的物流业碳排放总量估算以及影响因素分解提供了基础,并为后续的发展建议提供了参考。

## 1.2 物流业碳排放规模的测算办法

IPCC 清单算法可细分为 3 种。一是分部门算法,这种方法根据不同行业所使用的不同类型的能源,使用“自下而上”的计算方法,避免了能源非燃烧用途而造成的多余计算。二是以实际碳排放因子为基础的分部门计算,该方法实质与第一种方法相同,唯有碳排放因子是根据地区和行业的实际情况测算得出的,但是测量中易受外界影响,会导致结果的不确定性。三是基于能源消费量的算法。特定地区特定产业活动总的碳排放可以根据其能源消费量为基础进行测算。

## 2 长三角地区物流业碳排放规模估算

### 2.1 物流业的碳排放量估算方法

目前,长三角区域三省一市统计年鉴中并没有物流业二氧化碳监测的数据,本文参照宁宁宁<sup>[15]</sup>的研究,根据物流作业中涉及的运输、仓储等各环节能源消耗量折算二氧化碳排放量,公式如下:

$$C = \sum_{i=1} C_i = \sum_{i=1} \delta_i \theta_i E_i \quad (1)$$

式中: $i$  为能源种类, $C$  为碳排放总量, $C_i$  为第  $i$  种能源的碳排放量, $\delta_i$  是物流业各生产过程中所消耗第  $i$  种能源的碳排放系

数,  $\theta_i$  是第  $i$  种能源的标准煤换算系数,  $E_i$  为第  $i$  种能源的消耗量。

## 2.2 计算结果与对比分析

目前,各省份统计年鉴中不直接包含物流业的能源消耗量,所以本文使用交通运输、仓储和邮政业的能源消耗量来表示。根据《中国能源统计年鉴》口径,长三角地区三省一市交通运输、仓储和邮政业消耗的能源主要包括原煤、汽油等 9 种。物流业作业过程中所消耗能源的标准煤折合系数( $\theta_i$ )和碳排放系数( $\delta_i$ )分别见表 1 和表 2。由于《国家温室气体排放清单指南》中缺少热力的碳排放系数,同时考虑其标准煤折合系数较小,因此后文中将此忽略。

从表 3 可知,安徽 2016 物流业碳排放总量为 2003 年的 4.37 倍,增长幅度最小的上海 2016 年为 2003 年的 2.48 倍。从绝对值来看,以 2016 年为例,安徽物流业 2016 年的碳排放量最低,为 547.03 万吨,浙江为 825.20 万吨,上海为 1301.12 万吨,江苏为 1083.75 万吨。从表 4 可知,2003—2016 年长三角物流业增加值中,江苏增长幅度最大,2016 年物流业增加值为 2003 年的 3.45 倍。从 2016 年物流业增加值绝对值来看,2016 年安徽、江苏、上海、浙江分别为 826.89 亿元、2837.16 亿元、1237.32 亿元和 1774.37 亿元,安徽最低。

从表 4~表 8 可以看出,长三角区域三省一市物流业增加值与物流业碳排放量并不是一直处于升降一致的状态。例如安徽、江苏、上海、浙江的物流业增加值 2016 年为 2003 年的 2.53 倍、3.45 倍、2.26 倍、3.17 倍,但安徽、江苏、上海、浙江的碳排放量 2016 年为 2003 年的 4.37 倍、2.78 倍、2.48 倍、2.59 倍。从 GDP 来看,安徽、江苏、上海、浙江 2016 年为 2003 年的为 6.22 倍、6.22 倍、4.21 倍、4.87 倍,安徽、江苏增幅相对较大,由此可见,GDP 的增幅与物流业碳排放的增幅幅度基本保持相同趋势。但是从绝对值上来看,安徽 GDP 却处于三一市最低,这与安徽物流业碳排放值顺序一致。

从数据上来看,物流业的快速发展难免会引起物流业碳排放量的增长。从表 4 到表 8 可以看出,三省一市物流业的碳排放与能源消耗的比例是不同的。该比例表示通过消耗 1 标准煤释放的二氧化碳量,它的不断变化也是一个地区能源结构不断变化的缩影。

表 1 能源折标准煤参考系数

能源种类	原煤	汽油	煤油	柴油	燃料油	原油	天然气	电力	热力
系数( $\theta_i$ )	0.7143	1.4714	1.4714	1.4571	1.4286	1.4286	1.33	0.1229	0.0341

表 2 各种能源碳排放系数

能源	系数/吨
原煤	0.7599
汽油	0.5538
煤油	0.5714
柴油	0.5921
燃料油	0.6185

液化石油气	0.5042
天然气	0.4483
电力	2.2132
求和	6.2614

表 3 2003—2016 年三省一市物流业的碳排放与能源消耗量

年份	安徽			江苏			浙江			上海		
	能量消耗量	碳排放量	比值	能量消耗量	碳排放量	比值	能量消耗量	碳排放量	比值	能量消耗量	碳排放量	比值
2003	216.90	125.26	0.58	685.21	389.88	0.57	559.84	318.70	0.57	907.45	523.86	0.58
2004	254.40	147.07	0.58	845.44	481.01	0.57	631.21	358.41	0.57	1204.91	685.67	0.57
2005	285.84	165.33	0.58	857.89	495.30	0.58	730.16	417.31	0.57	1366.00	778.66	0.57
2006	322.82	186.53	0.58	937.93	526.85	0.56	834.38	476.87	0.57	1595.97	916.32	0.57
2007	398.77	228.13	0.57	1027.10	576.88	0.56	923.51	527.77	0.57	1819.18	1039.24	0.57
2008	493.23	236.44	0.48	1236.59	650.69	0.53	1001.08	572.77	0.57	1884.97	1069.59	0.57
2009	524.51	244.98	0.47	1287.59	677.38	0.53	1038.05	588.98	0.57	1921.73	1078.81	0.56
2010	588.95	277.31	0.47	1459.45	768.41	0.53	1197.50	637.10	0.53	1969.65	1138.00	0.58
2011	821.92	311.77	0.38	1849.56	809.66	0.44	1221.69	691.53	0.57	1967.86	1101.53	0.56
2012	1152.94	439.07	0.38	1953.45	879.85	0.45	1282.78	725.38	0.57	2010.00	1120.67	0.56
2013	1230.43	485.71	0.39	2123.99	945.46	0.45	1343.46	758.91	0.56	2018.35	1119.30	0.55
2014	1438.34	532.99	0.37	2528.43	1022.83	0.40	1373.12	773.45	0.56	2033.62	1115.03	0.55
2015	1655.25	539.10	0.33	2587.79	1053.99	0.41	1399.61	821.77	0.59	2036.41	1168.44	0.57
2016	1638.34	547.03	0.33	2653.40	1083.75	0.41	1423.31	825.20	0.58	2038.21	1301.12	0.64

表 4 2003—2016 年长三角三省一市物流业增加值、GDP 及人口数一览表

年份	安徽			江苏			上海			浙江		
	物流业增加值/	GDP/亿元	人口总数/	物流业增加值/亿	GDP/亿元	人口总数/	物流业增加值/亿	GDP/亿元	人口总数/	物流业增加值/亿	GDP/亿元	人口总数/

	亿元		万人	元		万人	元		万人	元		万人
2003	326.34	3923.11	6163	821.48	12442.87	7458	547.81	6694.23	1766	559.07	9705.02	4857
2004	319.79	4759.30	6228	603.76	15003.60	7523	493.60	8072.83	1835	444.65	11648.70	4925
2005	336.39	5350.17	6120	798.11	18598.69	7588	571.57	9247.66	1890	513.74	13417.68	4991
2006	363.12	6112.50	6110	953.57	21742.05	7656	643.92	10572.24	1964	635.16	15718.47	5072
2007	408.33	7360.92	6118	1101.18	26018.48	7723	682.84	12494.01	2064	748.61	18753.73	5155
2008	443.81	8851.66	6135	1346.26	30981.98	7762	712.99	14069.86	2141	843.20	21462.69	5212
2009	467.92	10062.82	6131	1423.25	34457.30	7810	635.01	15046.45	2210	888.02	22990.35	5276
2010	527.02	12359.33	5957	1768.30	41425.48	7869	834.40	17165.98	2303	1076.67	27722.31	5447
2011	589.82	15300.65	5968	2127.93	49110.27	7899	868.31	19195.69	2347	1206.95	32318.85	5463
2012	650.21	17212.05	5988	2352.40	54058.22	7920	895.31	20181.72	2380	1278.91	34665.33	5477
2013	730.36	19229.34	6030	2425.11	59753.37	7939	935.91	21818.15	2415	1427.52	37756.59	5498
2014	784.44	20848.75	6083	2591.15	65088.32	7960	1044.46	23567.70	2426	1525.93	40173.03	5508
2015	791.72	22005.63	6144	2705.44	70116.38	7976	1133.17	25123.45	2415	1631.88	42886.49	5539
2016	826.89	24407.62	6196	2837.16	77388.28	7999	1237.32	28178.65	2420	1774.37	47251.36	5590

表 5 2003—2016 年安徽物流业 8 种能源消耗具体量

年份	原煤/万吨	汽油/万吨	煤油/万吨	柴油/万吨	燃料油/万吨	原油/万吨	天然气/亿立方米	电力/亿千瓦时
2003	13.74	42.38	7.00	88.09	0	0	0	5.06
2004	14.60	48.00	8.07	106.37	0	0	0	5.40
2005	13.40	54.00	10.07	120.80	0	0	0	4.98
2006	14.70	59.50	10.04	139.00	0	0	0	6.22
2007	15.27	79.00	10.83	166.80	0	0	0.02	8.95
2008	34.37	61.85	10.63	176.41	3.20	0	0.92	10.53
2009	34.99	64.15	12.30	185.50	0	0	0.02	12.16
2010	38.35	70.32	7.74	217.92	0	0	1.17	14.58
2011	42.18	73.31	8.55	249.51	0	0	3.00	17.93

2012	15.52	109.26	10.33	373.74	3.00	0	4.12	19.75
2013	18.40	112.39	9.12	423.91	2.89	0	4.10	21.09
2014	19.09	129.33	10.26	459.13	3.55	0	5.43	22.47
2015	19.30	188.18	13.64	405.25	4.48	0	4.93	26.74
2016	21.77	193.12	15.66	403.51	5.42	0	5.00	32.23

表 6 2003—2016 年江苏物流业 8 种能源消耗具体量

年份	原煤/万吨	汽油/万吨	煤油/万吨	柴油/万吨	燃料油/万吨	原油/万吨	天然气/亿立方米	电力/亿千瓦时
2003	33.56	242.54	8.67	172.36	15.83	0	0	14.86
2004	29.50	282.90	10.90	232.47	22.60	0	0	17.53
2005	50.68	259.78	11.63	250.59	26.21	3.46	0	16.45
2006	47.44	265.05	14.00	310.04	0.99	0.38	0.20	16.90
2007	42.30	282.45	16.16	325.00	27.55	0	0.22	19.50
2008	41.31	346.85	17.65	344.02	30.74	0	1.00	22.89
2009	41.63	361.28	18.95	357.23	32.52	0	1.03	25.40
2010	35.00	411.54	33.14	388.98	47.00	0	1.08	31.01
2011	3.20	446.26	42.81	399.80	56.46	0	4.34	39.99
2012	2.89	490.55	51.19	420.29	65.19	0	4.10	47.24
2013	3.91	512.95	61.69	450.62	76.64	0	4.65	52.26
2014	2.46	540.31	80.75	476.14	93.37	0	7.48	57.23
2015	2.57	549.71	83.66	498.65	91.73	0	10.04	62.72
2016	2.18	562.75	88.78	512.43	92.66	0	10.58	70.12

表 7 2003—2016 年浙江物流业 8 种能源消耗具体量

年份	原煤/万吨	汽油/万吨	煤油/万吨	柴油/万吨	燃料油/万吨	原油/万吨	天然气/亿立方米	电力/亿千瓦时
2003	6.58	151.64	2.81	205.20	10.03	0	0	12.13
2004	7.10	170.79	0.97	220.24	23.35	0	0	14.43

2005	7.26	186.16	34.22	240.06	25.45	0	0	12.13
2006	5.00	203.00	39.74	286.00	28.00	0	0	14.09
2007	3.92	220	44.32	310	42.00	0	0	16.70
2008	2.00	228.80	49.29	325.50	65.50	0	0	18.72
2009	3.00	244.87	58.12	315.50	69.00	0	0	21.24
2010	4.00	268.00	65.34	342.00	67.00	0	0	26.97
2011	0.38	308.00	70.34	355.00	75.00	0	0.02	31.78
2012	0.33	338.00	77.89	353.00	80	0	0.02	33.21
2013	0.40	328.73	90.20	368.86	97.00	0	0.02	40.52
2014	0.21	339.93	101.94	362.98	96.47	0	0.02	44.88
2015	0.21	351.00	111.81	381.00	112.00	0	0.02	51.24
2016	0.06	388.80	125.47	331.97	113.00	0	0.02	60.96

表 8 2003—2016 年上海物流业 8 种能源消耗具体量

年份	原煤/万吨	汽油/万吨	煤油/万吨	柴油/万吨	燃料油/万吨	原油/万吨	天然气/亿立方米	电力/亿千瓦时
2003	14.33	37.28	100.53	87.78	364.66	0	0.14	11.59
2004	10.60	53.06	165.04	108.15	453.54	0	0.18	13.85
2005	9.16	61.53	185.21	94.35	545.96	0	0.20	14.35
2006	6.03	67.49	260.10	110.46	610.33	0	0.18	17.22
2007	5.92	76.00	293.84	131.00	688.75	0	0.19	19.61
2008	5.91	89.90	319.35	145.27	670.78	0	0.25	23.72
2009	5.57	93.81	351.71	156.87	635.00	0	0.29	25.89
2010	4.81	98.11	394.75	168.79	643.36	0	0.30	34.11
2011	2.86	109.11	395.82	181.53	578.36	0	0.32	38.37
2012	1.91	112.98	399.34	197.87	577.58	0	0.37	38.74
2013	1.73	117.07	433.73	194.93	541.93	0	0.51	40.34
2014	1.11	125.48	449.95	188.26	520.39	0	0.70	41.26

2015	0.80	120.63	510.01	201.47	515.11	0	0.81	42.12
2016	0.80	138.63	584.49	213.47	565.04	0	0.67	45.82

### 3 长三角地区物流业碳排放的影响因素

#### 3.1 物流业碳排放影响因素的分解方法

利用 LMDI 方法对物流产业的碳排放量进行因素分解分析,参考杨光华<sup>[1]</sup>分解影响因素方法,从能源结构与效率、产业、经济和人口 5 个方面进行分解。

式(1)可进一步分解为:

$$C^t = \sum_i C_i^t = \sum_i \frac{C_i^t}{E_i^t} \times \frac{E_i^t}{E^t} \times \frac{E^t}{Y^t} \times \frac{Y^t}{G^t} \times \frac{G^t}{P^t} \times P^t \quad (2)$$

式中: $C^t$ 为该地区第  $t$  年的物流业碳排放量, $C_i^t$ 为第  $t$  年的具体能源碳排放总量, $E^t$ 为第  $t$  年的能源消耗量, $E_i^t$ 为第  $t$  年第  $i$  种的能源消耗量, $Y^t$ 为第  $t$  年的物流业增加值, $G^t$ 为第  $t$  年的地区国民生产总值, $P^t$ 为第  $t$  年的该地区人口总数。

式(2)可进一步分解为:

$$C^t = \sum_i F_i^t \times S_i^t \times T^t \times M^t \times N^t \times P^t \quad (3)$$

式中: $F_i^t = C_i^t / E_i^t$ , 二氧化碳排放量与能源消耗量之比,表示能源每单位二氧化碳排放量; $S_i^t = E_i^t / E^t$ ,表示能源在总消耗中的占比,反应能源结构的变化; $T^t = E^t / Y^t$ ,表示单位物流产值的能源消耗量,反映能源效率的水平; $M^t = Y^t / G^t$ ,表示第  $t$  年物流业增加值与 GDP 的比值,反映物流产业在经济发展中的地位; $N^t = G^t / P^t$ ,表示人均 GDP,反映区域经济发展水平。根据 LMDI 方法,将碳排放的变化分解成 5 种影响因素变化的贡献之和,即:

$$\Delta C_i = C^t - C^0 = \Delta C_F + \Delta C_S + \Delta C_T + \Delta C_M + \Delta C_N + \Delta C_P \quad (4)$$

由于具体能源碳排放系数确定,其排放强度  $\Delta C_F$  为 0,相关变化如下:

$$\begin{aligned} \Delta C_S &= \sum_i w_i \ln \frac{S_i^t}{S_i^0}, \Delta C_T = \sum_i w_i \ln \frac{T^t}{T^0} \\ \Delta C_M &= \sum_i w_i \ln \frac{M^t}{M^0} \\ \Delta C_N &= \sum_i w_i \ln \frac{N^t}{N^0}, \Delta C_P = \sum_i w_i \ln \frac{P^t}{P^0} \end{aligned} \quad (5)$$

$$w_i = \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0}$$

其中：

将物流产业的碳排放分解为 5 种因素之积, 即:

$$D_i = C_i^t / C_i^0 = D_F \times D_S \times D_T \times D_M \times D_N \times D_P \quad (6)$$

对式(6)左右两边取对数, 结合式(4)可得:

$$\begin{aligned} \frac{\ln D_i}{\Delta C_i} &= \frac{\ln D_F}{\Delta C_F} = \frac{\ln D_S}{\Delta C_S} = \frac{\ln D_T}{\Delta C_T} \\ &= \frac{\ln D_M}{\Delta C_M} = \frac{\ln D_N}{\Delta C_N} = \frac{\ln D_P}{\Delta C_P} \end{aligned} \quad (7)$$

假设  $\frac{\ln D_i}{\Delta C_i} = \frac{\ln C_i^t - \ln C_i^0}{C_i^t - C_i^0} = W$ , 则有:

$$\begin{aligned} D_S &= \exp(W \cdot \Delta C_S), D_T = \exp(W \cdot \Delta C_T), \\ D_M &= \exp(W \cdot \Delta C_M), D_N = \exp(W \cdot \Delta C_N), \\ D_F &= \exp(W \cdot \Delta C_F), D_P = 1 \end{aligned} \quad (8)$$

通过公式的推导可以看出物流业碳排放增加的影响因素可以分解为以下 6 类:  $\Delta C_F$ 、 $D_F$  为能源排放强度因素,  $\Delta C_S$ 、 $D_S$  为能源结构因素,  $\Delta C_T$ 、 $D_T$  为能源效率因素,  $\Delta C_M$ 、 $D_M$  为产业结构因素,  $\Delta C_N$ 、 $D_N$  为区域经济综合实力,  $\Delta C_P$ 、 $\Delta D_P$  为人口因素。  $\Delta C_F$ 、 $\Delta C_S$ 、 $\Delta C_T$ 、 $\Delta C_M$ 、 $\Delta C_N$ 、 $\Delta C_P$  分别表示有单位的物流业碳排放各因素增加值,  $D_F$ 、 $D_S$ 、 $D_T$ 、 $D_M$ 、 $D_N$ 、 $D_P$  分别表示没有单位的物流业各因素碳排放贡献率<sup>[5]</sup>。

### 3.2 物流业碳排放的影响因素

本文图表中的长三角区域各省市物流业增加值、GDP、常住人口等数据都取自各省份的统计年鉴, 物流业中的碳排放量数据来自前文通过能源消耗量的计算。由于  $\Delta C_F=0, D_F=1$ , 因此, 能源结构、能源效率、产业结构、经济发展、人口因素 5 个方面成了影响物流业碳排放增加的重要因素。根据前文计算公式, 以 2003 年的数据为基数, 分别计算出长三角区域三省一市物流业碳排放增加各影响因素的分解结果(表 9~表 12)以及整个长三角区域的分解结果(表 13)。

#### 3.2.1 能源结构因素

从整个长三角区域上来看(图 1), 能源结构因素在观察期内的平均值为 0.92, 对物流业碳排放增加是抑制的作用, 并且抑制效果逐年增加。长三角区域三省一市中, 安徽的能源结构对碳排放影响从 2004 年的 1.00 减至 2016 年的 0.59, 江苏省也从 2004 年的 1.00 减至 2016 年的 0.74, 浙江从 2004 年的 0.85 增至 2016 年的 1.20, 上海则是从 2004 年的 1.16 减至 2016 年的 1.00。只有

浙江的能源结构因素导致物流业碳排放增加,其余3个省份基本呈现有利于减少碳排放的抑制作用。从表4~表7可以看出,另外3个省份在观察期内各种油类能源的消耗量逐年增加,但是与此同时,天然气与电力等相对污染小的能源的消耗量也逐年增加。反观浙江,在2003—2016年,汽油、煤油、柴油、燃料油的消耗量逐年增加,天然气却一直保持在0.02,近乎于0的消耗量。清洁能源的使用是浙江与其他3个省份在能源结构因素上产生差异的主要原因。

表9 2004—2016年安徽物流业碳排放的影响因素分解

年份	能源效率		能源结构		产业结构		区域经济		人口因素	
	$\Delta C_T$	$D_T$	$\Delta C_S$	$D_S$	$\Delta C_M$	$D_M$	$\Delta C_N$	$D_N$	$\Delta C_P$	$D_P$
2004	24.44	1.20	0.15	1.00	-29.03	0.81	24.82	1.20	1.43	1.01
2005	26.95	1.21	0.25	1.00	-31.89	0.80	45.77	1.37	-1.01	0.99
2006	26.21	1.19	0.13	1.00	-33.26	0.81	69.51	1.57	-1.33	0.99
2007	37.19	1.24	-1.49	0.99	-40.67	0.79	109.11	1.89	-1.26	0.99
2008	53.28	1.36	-31.51	0.84	-51.92	0.74	142.12	2.25	-0.79	1.00
2009	93.12	1.68	-37.55	0.81	-103.62	0.56	168.69	2.57	-0.93	0.99
2010	98.96	1.68	-38.12	0.82	-127.26	0.51	224.95	3.24	-6.47	0.97
2011	150.36	2.09	-83.98	0.66	-156.20	0.47	282.87	3.99	-6.53	0.97
2012	242.21	2.63	-98.47	0.67	-194.85	0.46	372.04	4.42	-7.11	0.97
2013	243.72	2.50	-94.28	0.70	-202.83	0.47	419.56	4.84	-5.72	0.98
2014	281.52	2.72	-117.00	0.66	-220.11	0.46	466.94	5.25	-3.62	0.99
2015	321.66	3.11	-156.48	0.58	-235.26	0.44	484.80	5.53	-0.87	1.00
2016	309.48	2.95	-150.96	0.59	-251.15	0.42	512.89	6.01	1.51	1.01

表10 2004—2016年江苏物流业碳排放的影响因素分解

年份	能源效率		能源结构		产业结构		区域经济		人口因素	
	$\Delta C_T$	$D_T$	$\Delta C_S$	$D_S$	$\Delta C_M$	$D_M$	$\Delta C_N$	$D_N$	$\Delta C_P$	$D_P$
2004	224.57	1.68	0.04	1.00	-214.61	0.61	77.36	1.20	3.76	1.01
2005	111.26	1.29	6.82	1.02	-189.00	0.65	168.76	1.47	7.58	1.02
2006	74.05	1.18	-4.06	0.99	-183.73	0.67	238.94	1.69	11.77	1.03
2007	53.09	1.12	-5.30	0.99	-211.24	0.64	333.87	2.01	16.59	1.04

2008	48.95	1.10	-38.97	0.93	-212.39	0.66	442.93	2.39	20.29	1.04
2009	42.15	1.08	-39.86	0.93	-243.39	0.63	504.68	2.64	23.93	1.05
2010	-5.87	0.99	-41.39	0.93	-242.20	0.65	638.20	3.14	29.79	1.05
2011	23.31	1.04	-142.17	0.78	-238.32	0.66	744.46	3.65	32.51	1.06
2012	-2.64	1.00	-130.81	0.80	-247.00	0.66	834.80	4.00	35.62	1.06
2013	30.10	1.05	-142.10	0.80	-300.06	0.62	929.10	4.40	38.54	1.06
2014	100.74	1.17	-205.47	0.73	-324.84	0.61	1020.69	4.74	41.83	1.07
2015	89.43	1.14	-203.83	0.74	-350.81	0.59	1085.46	5.08	43.86	1.07
2016	75.90	1.12	-204.14	0.74	-390.18	0.56	1165.85	5.57	46.45	1.07

表 11 2004—2016 年浙江物流业碳排放的影响因素分解

年份	能源效率		能源结构		产业结构		区域经济		人口因素	
	$\Delta C_T$	$D_T$	$\Delta C_S$	$D_S$	$\Delta C_M$	$D_M$	$\Delta C_N$	$D_N$	$\Delta C_P$	$D_P$
2004	172.90	1.67	-55.94	0.85	-138.84	0.66	56.90	1.18	4.69	1.01
2005	178.22	1.63	-49.07	0.87	-147.50	0.67	107.14	1.34	9.83	1.03
2006	169.26	1.54	-60.51	0.86	-137.34	0.70	169.98	1.54	16.78	1.04
2007	164.61	1.49	-74.62	0.84	-149.62	0.70	244.41	1.80	24.29	1.06
2008	135.66	1.37	-55.73	0.88	-162.20	0.69	306.46	2.03	29.90	1.07
2009	123.39	1.32	-51.62	0.89	-171.48	0.68	334.50	2.14	35.50	1.08
2010	53.66	1.12	-29.27	0.94	-176.87	0.68	419.45	2.49	51.43	1.12
2011	2.10	1.00	10.19	1.02	-203.06	0.66	508.52	2.88	55.08	1.12
2012	-15.48	0.97	24.86	1.05	-213.95	0.65	553.57	3.06	57.68	1.12
2013	-67.62	0.88	48.56	1.10	-206.31	0.67	604.85	3.29	60.73	1.13
2014	-97.29	0.83	56.52	1.12	-205.53	0.67	638.97	3.48	62.07	1.13
2015	-133.89	0.78	91.42	1.19	-211.20	0.67	689.82	3.67	66.92	1.13
2016	-175.05	0.72	96.80	1.20	-216.65	0.67	730.23	3.94	71.17	1.14

表 12 2004—2016 年上海物流业碳排放的影响因素分解

年份	能源效率		能源结构		产业结构		区域经济		人口因素	
	$\Delta C_T$	$D_T$	$\Delta C_S$	$D_S$	$\Delta C_M$	$D_M$	$\Delta C_N$	$D_N$	$\Delta C_P$	$D_P$
2004	134.60	1.25	89.78	1.16	-174.98	0.75	89.41	1.16	23.01	1.04
2005	143.11	1.25	84.46	1.14	-179.99	0.76	163.70	1.29	43.52	1.07
2006	165.79	1.27	113.79	1.18	-206.26	0.75	244.94	1.42	74.21	1.11
2007	209.78	1.32	140.64	1.21	-302.22	0.67	350.44	1.59	116.74	1.17
2008	241.42	1.37	104.02	1.15	-364.24	0.62	418.19	1.73	146.35	1.21
2009	357.88	1.59	84.54	1.12	-504.50	0.52	446.17	1.79	170.87	1.25
2010	265.96	1.40	18.60	1.02	-408.00	0.60	529.63	1.95	207.95	1.30
2011	245.05	1.37	-20.41	0.97	-454.36	0.56	589.41	2.13	217.99	1.32
2012	261.30	1.40	-44.38	0.95	-473.50	0.55	622.64	2.21	230.75	1.34
2013	261.40	1.40	-78.01	0.91	-496.93	0.53	668.20	2.34	240.80	1.36
2014	192.72	1.28	-95.33	0.89	-469.28	0.55	720.11	2.51	242.96	1.36
2015	148.15	1.20	-71.93	0.91	-465.82	0.56	789.45	2.67	244.74	1.36
2016	98.19	1.12	2.92	1.00	-516.64	0.55	931.35	2.97	261.45	1.36

表 13 2004—2016 年三省一市物流业碳排放因素分解均值

年份	能源效率 ( $D_T$ )	能源结构 ( $D_S$ )	产业结构 ( $D_M$ )	区域经济 ( $D_N$ )	人口因素 ( $D_P$ )
2004	1.45	1.00	0.71	1.18	1.02
2005	1.36	1.01	0.71	1.37	1.03
2006	1.33	1.01	0.71	1.56	1.04
2007	1.35	1.01	0.67	1.82	1.06
2008	1.38	0.95	0.64	2.10	1.08
2009	1.42	0.94	0.60	2.28	1.09
2010	1.30	0.93	0.61	2.71	1.11
2011	1.38	0.86	0.58	3.16	1.12
2012	1.50	0.87	0.58	3.42	1.12

2013	1.45	0.88	0.57	3.73	1.13
2014	1.50	0.85	0.57	3.99	1.14
2015	1.56	0.85	0.56	4.24	1.14
2016	1.48	0.88	0.55	4.64	1.14
平均值	1.42	0.92	0.62	2.79	1.09

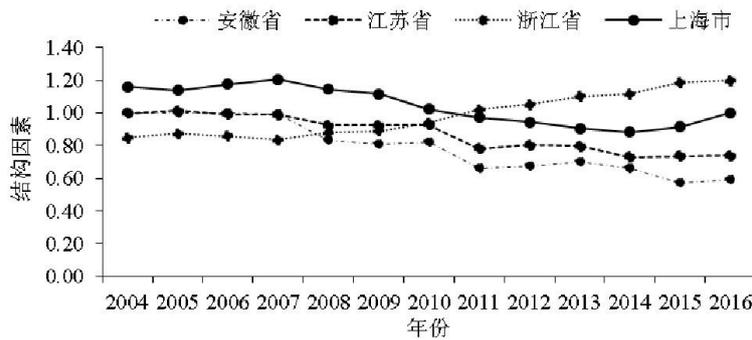


图1 三省一市 2004—2016 年能源结构因素影响程度对比分析图

### 3.2.2 能源效率因素

从整个长三角区域上来看(图 2),能源效率因素在观察期内的平均值为 1.42,对物流业碳排放增加起到促进作用。长三角区域三省一市中,安徽的能源效率因素从 2004 年的 1.20 增至 2016 年的 2.95,江苏省从 2004 年的 1.68 减至 2016 年的 1.12,浙江省从 2004 年的 1.67 减至 2016 年的 0.72,上海市从 2004 年的 1.25 减至 2016 年的 1.12。其中,安徽、江苏、上海观察期内能源效率因素对物流业碳排放增加起到了促进作用,但江苏、上海促进碳排放作用呈现稳定下降趋势,浙江则是抑制作用。三省一市中安徽省能源效率因素促进碳排放最为显著,而浙江的能源效率因素抑制碳排放增加量最为显著。能源效率取决于设备的更新、管理的模式与许多其他的因素,浙江作为整个互联网经济中心,科技和高校集聚,有对于能源效率提升进而减少碳排放。安徽在三省一市中先天发展不足,这就造成了能源效率因素安徽表现最差。

### 3.2.3 产业结构因素

从整个长三角区域上来看(图 3),产业结构因素在观察期内的平均值为 0.62,对物流业碳排放增加起到抑制作用,且抑制的程度随着观察期内年份的增加而增加。产业结构因素反映物流业在经济总量中的比重。这个比值上下浮动与趋势表达出长三角区域三省一市产业结构优化的问题。对于安徽、江苏、上海这个比值呈下降趋势,尤其是安徽,比值从 2004 年的 0.81 减至 2016 年的 0.42,江苏也从 2004 年的 0.61 减至 2016 年的 0.56,上海则是从 2004 年的 0.75 减至 2016 年的 0.55。而浙江的比值一直维持在一个相对平稳的水平,浙江从 2004 年的 0.66 减至 2016 年的 0.67,这意味着浙江产业结构变化并不大,而安徽、江苏、上海的产业结构在逐年优化。长三角区域三省一市中,安徽的产业结构因素优化最好,其物流业增加值占 GDP 比重从 8.32%减少至 3.39%,说明现代物流效率的提升,在推动经济快速增长的同时,有利于碳排放的减少。

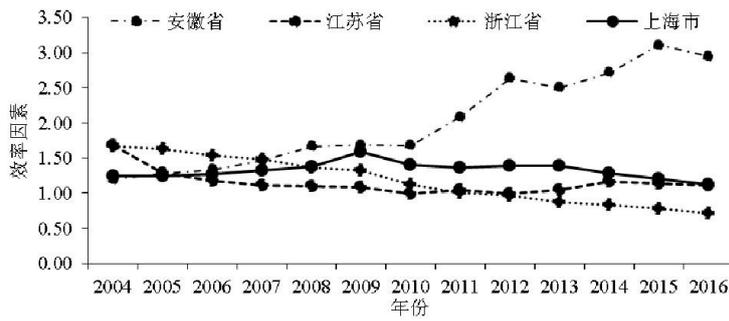


图2 三省一市 2004—2016 年能源效率因素影响程度对比分析图

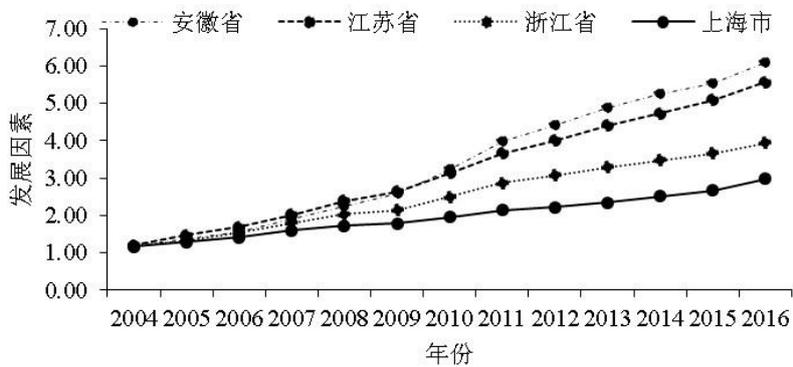


图3 三省一市 2004—2016 年产业结构因素影响程度对比分析图

### 3.2.4 经济发展因素和人口因素

从整个长三角区域上来看,经济发展和人口因素在观察期内的平均值分别为2.79和1.09,对物流业碳排放增加起到促进作用,而经济发展因素的促进程度随着观察期内年份的增加而增加,人口因素的促进效果则保持在一定程度上。长三角区域三省一市中(图4),安徽省的经济发展因素从2004年的1.20增至2016年的6.01,江苏也从2004年的1.2增至2016年的5.57,浙江从2004年的1.18增至2016年的3.94,上海则是从2004年的1.16增至2016年的2.97。三省一市中,安徽省经济发展因素对自身物流业碳排放增加的促进作用最为显著,长三角三省一市由于经济发展导致碳排放增加,是由于经济水平的提升,汽车拥有量、外出旅行、快递包裹等居民方面的因素与产业产能持续增加等经济因素导致。从均值看,安徽人口因素在观察期内对物流业碳排放的增加起抑制作用。安徽在长三角地区三省一市中经济发展的底子最为薄弱,因此造成了类似人口流失的问题,这就导致了安徽在人口因素上的影响有异于其他3个省份的结果(图5)。

### 3.3 研究结论

本文使用2003—2016年长三角地区三省一市能源消耗量、物流产业增加值、人口、GDP、各种能源消耗量数据,从能源效率、能源结构、产业结构、经济发展、人口因素这5个方面对物流业碳排放的影响效应进行分析,得到以下结论:第一,在考察期内,长三角地区的能源结构因素和产业结构因素的平均值小于1,对物流业碳排放增加产生了抑制的效果,而能源效率因素、人口因素和经济发展因素的平均值则大于1,对物流业碳排放增加产生了促进的效果。第二,5个方面中,经济发展因素在观察期内的平均值为2.79,对长三角地区物流业碳排放增加的促进效果最为显著,人口因素在观察期内的平均值为1.09,促进效果相对较低。第

三,从5个方面的平均值总体上来看,长三角地区的物流业碳排放量是逐年增加的。

## 4 长三角地区物流业低碳化发展建议

### (1) 推广清洁能源,优化能源结构。

由上文研究可知,能源结构能有效降低碳排放。经济的飞速发展会带动物流的发展,同时会产生大量碳排放,而天然气等清洁能源可以有效改善能源结构,从而降低碳排放量。一方面,有必要增加低碳排放系数的天然气等能源,提高其利用效率,逐渐减少煤炭和石油等碳排放因子较高的能源使用率。另一方面,有必要不断开发清洁能源,如风能和太阳能。运输工具的选择上也可以用新能源汽车逐步取代燃油汽车,从源头上控制物流业中高排放量卡车的保有量。

### (2) 发展低碳物流,优化能源效率。

产业结构优化、能源效率的提升均有利于降低碳排放,现代物流业发展能有效整合相关物流资源,改变原有企业自办物流、各自为政的局面,有利于从整体上降低碳排放。物流企业应加强绿色运输、绿色仓储等低碳技术的研发和应用,不断提高能源效率,研究和开发新能源,通过联运、物流一体化等措施来提高运输效率,逐步降低碳排放,实现物流低碳化发展。政府做好低碳经济和低碳物流发展宣传,让物流业从业者了解到物流业低碳化发展的意义,加强对物流企业碳排放的监管,引导物流企业采用低碳技术,发展低碳化物流。江苏和安徽的政府和企业应该多学习浙江在能源效率方面的先进做法,提升能源利用效率,降低碳排放。

### (3) 优化物流运输网络,提升物流运输效率。

一个好的物流运输网络可以大大提高能源效率。选择一个位置合理的物流集散中心并拥有一定的设施可以避免路程的重复,提高运输效率。而对运输路线的分析并优化可以让资源充分利用起来,避免浪费。在布局物流园区时,需要充分考虑到配送中心的节点、交通运输和仓储地点的最优选择,以此来使运输途中各个分开环节可以相互依靠、相互对接。另一方面,对运输企业的车辆可以进行统一的分配,集中化管理可以使车辆在空间利用上更为完善,避免空载等行为,并对物流信息进行共享。

### (4) 坚持绿色生产和生活,减少物流碳排放。

经济持续快速发展,产能不断增加,居民生活方式多样化会增加物流碳排放,由上文研究亦可知,经济发展要倡导低碳环保理念,产业发展相对集中,完善相应配套设施,加强技术研发,在采购、生产、仓储、运输、销售等各环节落实绿色环保理念,提高运作效率,减少碳排放。居民在生活中,要崇尚绿色生活理念,减少不必要的自驾,减少不必要的网购,减少塑料袋的使用,从我做起,从小事做起,为碳排放减少做出贡献。在长三角三省一市中,上海经济发展与物流碳排放减少做得较好,江苏、安徽、浙江要多学习上海经验,坚持绿水青山就是金山银山的发展理念,在经济发展的同时注重环保,提高经济运行质量,助推物流碳排放减少。

## 5 结语

长三角地区是我国经济发展的重要领域,国家政策的推行以及天然的区位优势都为该地区的物流行业提供了便利的条件,但同时也为环境带来了巨大的碳排放,基于长江三角洲地区的碳排放规模的估计,本文分析了长三角地区的碳排放的影响因素,并得出结论。经济的飞速发展在5个因素中对长三角区域三省一市物流业碳排放影响最大。其中,能源结构对长三角物流业碳排放的影响有限,几乎保持恒定的水平,能源效率越高,碳排放量的增长速度越慢,能源效率因素对碳排放增长的抑制作用越强,而产业结构因素对长三角区域物流业的碳排放增加表现出抑制作用,在观察期内逐渐增强。经济发展因素对于长三角地区的物流业碳排放产生了极大的促进作用,其中上海的增长幅度最小。

本文虽然利用整体数据分解出能源效率、能源结构、产业结构、经济发展、人口因素 5 个方面对长三角区域三省一市物流业碳排放的影响,但是影响因素的选择、物流业相关数据的归集等仍有待改进。

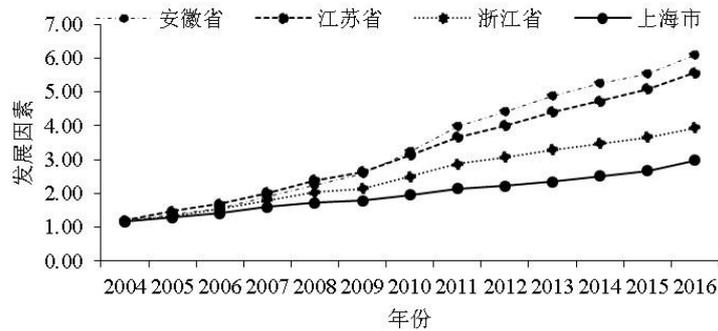


图 4 三省一市 2004—2016 年经济发展因素影响程度对比分析图

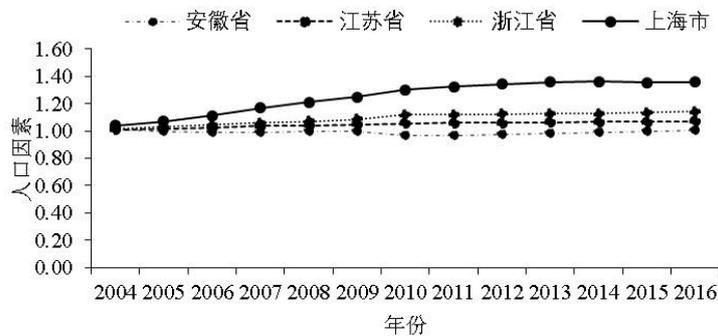


图 5 三省一市 2004—2016 年人口因素影响程度对比分析图

**参考文献:**

[1] 杨光华. 低碳物流发展的系统动力学分析[J]. 物流科技, 2012(12): 32-35.

[2] 胡初枝, 黄贤金, 钟大洋, 等. 中国碳排放特征及其动态演进分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2008(3): 38-42.

[3] 郭朝先. 中国碳排放因素分解: 基于 LMDI 分解技术[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(12): 4-9.

[4] 何建坤, 刘滨. 作为温室气体排放衡量指标的碳排放强度分析[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2004(6): 740-743.

[5] 汪欣, 万明. 安徽省物流业碳排放规模及其影响因素研究——基于长三角四省市比较视角[J]. 安徽大学学报(哲学社会科学版), 2017(3): 148-156.

[6] 孙建卫, 赵荣钦, 黄贤金, 等. 1995—2005 年中国碳排放核算及其因素分解研究[J]. 自然资源学报, 2010(8): 1284-1295.

[7] 冯婷婷. 新疆物流业碳排放现状及影响因素研究[J]. 新疆大学学报, 2016(2): 64-69.

- 
- [8]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.
- [9]张晶,蔡建峰. 我国物流业碳排放区域差异测度与分解[J]. 中国流通经济, 2014(8):25-30.
- [10]刘楠. 城市物流业碳排放测算及影响因素分析[D]. 西安:长安大学, 2013.
- [11]De Freitas L C, Kaneko S. Decomposing the decoupling of CO2 emissions and economic growth in Brazil[J]. Ecological Economics, 2011, 70(8):1459-1469.
- [12]Papagiannaki K, Diakoulaki D. Decomposition analysis of CO2 emissions from passenger cars: The cases of Greece and Denmark[J]. Energy Policy, 2009, 37(8):3259-3267.
- [13]Andreoni V, Galmarini S. Decoupling economic growth from carbon dioxide emissions: A decomposition analysis of Italian energy consumption[J]. Energy, 2012, 44(1):682-691.
- [14]Mahony T O, Zhou P, John S. The driving forces of change in energy-related CO2 emissions in Ireland: A multi-sectoral decomposition from 1990 to 2007[J]. Energy Policy, 2012, 44:256-267.
- [15]宁宁宁. 区域物流碳排放差异及影响因素分析[D]. 天津:天津理工大学, 2015.