

长江经济带建设下江苏省工业碳排放测算 及影响因素研究¹

田 泽¹、程 飞²

(1. 河海大学 低碳经济与技术研究所, 江苏 常州 213022;

2. 河海大学 企业管理学院, 江苏 常州 213022)

【摘 要】: 论文基于长江经济带战略视角研究江苏省工业碳排放问题, 以推动“强富美高”新江苏建设。运用 IPCC 清单法测算了 2000–2015 年江苏省工业碳排放量, 并构建了基于能源结构、能源强度、经济结构和经济规模的碳排放恒等式, 结合 LMDI 分解法, 对 2000–2015 年江苏省碳排放的工业层面进行分解。结果表明: 江苏省工业碳排放总量整体呈波动上升趋势, 但增速减缓, 单位能耗下降速度快于人均碳排放上升速度; 经济规模是工业碳排放增长的主要动力; 能源强度是有效抑制碳排放的关键因素; 经济结构效应对于工业碳排放增长的贡献率由正到负; 能源结构因素对于工业碳排放贡献率微弱, 碳减排潜力有待发挥。结合以上结论提出以“区域协同、东西互补、绿色发展”为核心的工业生态发展新思路。

【关键词】: 长江经济带; 工业行业; 碳排放; LMDI 模型

【中图分类号】: F062.2 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1671-4407 (2017) 12-024-04

1、引 言

长江经济带是我国新一轮改革开放转型而实施的新区开放开发战略, 覆盖我国 11 个省市, 人口和生产总值均超过全国的 40%, 对于我国东中西区域协同发展、推进对内对外开放具有重要影响。但目前在经济新常态的背景下, 长江经济带产业转型与生态问题突出, 如何实现经济增长与生态保护协调发展是必须面对的严峻现实。《长江经济带发展规划纲要》指出, 要在空间布局上形成“一轴、两翼、三极、多点”的格局, 其中三极中的重要增长极就是长三角区域。江苏省作为长三角经济的“主力军”, 如何抓住长江经济带建设战略的重火机遇以实现生态绿色发展, 从而为长江经济带建设注入更强的增长动力和更大的发展空间, 成为重要命题。

目前, 江苏省产业转型压力较大, 工业的结构性矛盾突出, 2000 年制造业产值为 9939.72 亿元, 占工业总产值的 95.09%, 2014 年上升到 137377.73 亿元, 占比达至 99.69% (由《江苏统计年鉴》数据计算得来)。同时, 工业技术创新能力与资源配置效率未实现最优, 导致工业污染较为严重。《2015 年江苏省环境状况公报》指出, 2015 年全省废气中二氧化硫排放总量 83.51

¹**【基金项目】**: 国家自然科学基金项目“基于三对均衡关系的碳排放初始权配置方法研究”(41471457); 江苏省“世界水谷”与水生生态文明协同创新中心项目

【第一作者简介】: 田 泽 (1964–), 男, 甘肃张掖人, 博士, 教授, 博导, 研究方向为低碳经济理论与政策研究及国际贸易。
E-mail: tianze21@126.com

万吨，其中，工业污染源排放占 95.1%；烟（粉）尘排放总量 64.50 万吨，其中，工业污染源排放占 93.4%。因此，对于江苏省工业生态问题的研究，将为建设“强富美高”新江苏以及绿色生态的长江经济带带来新思路。

国内外有关碳排放及影响因素的研究已有不少。Shimizu 等^[1]通过研究一种新的计算方程，使得日本工业和生活用水二氧化碳排放因子的计算更加准确，从而得到日本工业和生活用水的二氧化碳排放总量；程叶青等^[2]采用空间面板计量模型探讨了中国区域碳排放强度及其主要影响因素。具体到长江经济带碳排放研究上，李建豹和黄贤金^[3]通过构建空间面板模型分析了产业结构、人口总量、经济水平、技术水平与城市化水平对长江经济带碳排放的影响；黄国华等^[4]运用弹性计算和矩阵分类法，探究了长江经济带碳排放存在的空间和结构差异；徐晓晔和黄贤金^[5]以碳排放峰值作为人口承载力研究的切入点，预测了长江经济带能源消费碳排放量和碳排放峰值。进一步细分到江苏省碳排放的研究上，潘岳等^[6]、黄蕊等^[7]构建 STIRPAT 模型，定量分析了能源消耗碳排放量及其影响因素；赵欣和龙如银^[8]采用 LMDI 分解法，定量分析了经济规模、产业结构、技术进步与能耗结构四个因素对江苏省碳排放增量的影响。

综上所述，现有的有关长江经济带与江苏省的碳排放及其影响因素研究相对割裂，即在长江经济带碳排放的研究上侧重于整体区域的时空对比与变异趋势研究，缺少对于省域工业行业碳排放的细化研究；而在江苏省碳排放的研究上，缺乏江苏省与长江经济带的衔接互动性研究。故本文基于长江经济带发展视角，利用 IPCC 清单法系统性地研究 2000-2015 年江苏省工业碳排放情况，并运用 LMDI 分解法定量分析工业碳排放影响因素，从而更好地发挥江苏省在长江经济带中的先行先导作用，为建设“强富美高”新江苏以及绿色生态的长江经济带的发展提供借鉴。

2、研究方法 with 评价模型

2.1 研究方法

本文工业碳排放量的测算基于 IPCC《国家温室气体排放清单指南》的缺省碳排放系数，碳排放测算公式如下：

$$C^t = \sum_i C_i^t = \sum_i E_i^t F_i \quad (1)$$

其中： C^t 表示江苏省工业碳排放总量； C_i^t 表示第 i 种能源消费的工业碳排放量； E_i^t 表示第 i 种能源消耗量； F_i 表示第 i 类能源的碳排放系数。

在影响因素分解上，借鉴 Malla^[9]的 LMDI 分解方法，将影响江苏省工业碳排放影响因素分解为能源结构、能源强度、经济结构 and 经济规模四个因素，根据碳排放等式：

$$C^t = \sum_i C_i^t = \sum_i \frac{C_i^t}{E_i^t} \frac{E_i^t}{E^t} \frac{E^t}{Y^t} \frac{Y^t}{G^t} G^t = \sum_i CI_i^t ES_i^t EI^t M^t G^t \quad (2)$$

其中： E^t 表示工业能源消耗总量； Y^t 表示工业生产总值； G^t 表示江苏省生产总值； CI_i^t 表示第 i 种能源碳排放系数； ES_i^t 表示第 i 种能源消耗量占工业能源消耗总量的比重； EI^t 表示能耗与工业产值的比重； M^t 表示工业生产总值占全省生产总值的比重； G^t 表示经济发展规模，即全省生产总值。

从 t 年到 $t+1$ 年工业碳排放变化量可表示为以下公式：

$$\Delta C = C^{t+1} - C^t = \sum_i^8 C I_i^{t+1} E S_i^{t+1} E I_i^{t+1} M^{t+1} G^{t+1} - \sum_i^8 C I_i^t E S_i^t E I_i^t M^t G^t \quad (3)$$

则 t 年到 t+1 年的各分解因子办 LMDI 的效应公式为：

$$ES_{effect} = \sum_i^8 \frac{C_i^{t+1} - C_i^t}{\ln C_i^{t+1} - \ln C_i^t} (\ln ES_i^{t+1} - \ln ES_i^t) \quad (4)$$

$$EI_{effect} = \sum_i^8 \frac{C_i^{t+1} - C_i^t}{\ln C_i^{t+1} - \ln C_i^t} (\ln EI_i^{t+1} - \ln EI_i^t) \quad (5)$$

$$M_{effect} = \sum_i^8 \frac{C_i^{t+1} - C_i^t}{\ln C_i^{t+1} - \ln C_i^t} (\ln M_i^{t+1} - \ln M_i^t) \quad (6)$$

$$G_{effect} = \sum_i^8 \frac{C_i^{t+1} - C_i^t}{\ln C_i^{t+1} - \ln C_i^t} (\ln G_i^{t+1} - \ln G_i^t) \quad (7)$$

则各影响因素对 2000-2015 年江苏省工业碳排放量变动的的影响贡献率为： $\frac{ES_d}{\Delta C}$ 、 $\frac{EI_d}{\Delta C}$ 、 $\frac{M_d}{\Delta C}$ 、 $\frac{G_d}{\Delta C}$ 。

2.2 数据来源

本文碳排放系数来源于《2006 年 IPCC 国家温室气体排放清单指南》。工业能源消耗量及相关经济数据来源于《江苏统计年鉴》（2001-2016 年），部分能源数据来源于《中国能源统计年鉴》，且经济数据以 2000 年为基期，按照可比价进行折算。

3、江苏省工业碳排放评价实证分析

3.1 工业碳排放分析

（1）工业碳排放总量测算。

利用 IPCC 清单法以及相关数据，测算出江苏省 2000—2015 年工业碳排放总量。如图 1 所示，江苏省工业碳排放量总体呈波动上升趋势，工业碳排放量由 2000 年的 7855.316 万吨上升到 2015 年的 26483.27 万吨，年均增长率为 8.71%。江苏省工业碳排放量增长变化趋势大致上可以划分为三个阶段：①2000-2002 年，该阶段工业碳排放量总体较偏低，在 10000 万吨以下。②2002-2008 年，江苏省工业碳排放量在这一阶段增长迅速，年均增长率达到 13.77%，其中 2004 年与 2005 年增长率分别达到 24.41%和 17.12%，碳排放总量于 2008 年突破 20000 万吨。③2008-2015 年，该阶段，工业碳排放量增速减缓，年均增长率为 3.74%，其中 2012 年和 2014 年增长率分别仅为 0.96%和 0.66%。

（2）工业碳排放强度分析。

由图 2 可知，江苏省 2000-2015 年工业人均碳排放量呈上升趋势，2000-2015 年工业碳排放强度总体呈下降趋势，但能源强度下降速度整体大于人均碳排放量增长速度。能源强度由 2000 年的 0.98t/万元下降到 2015 年的 0.23t/万元，年平均下降幅度为 4.38%。这说明江苏省促进工业转型升级的措施初见成效。江苏省坚持控制能源消费总量与煤炭消耗总量，在提高自身技术水平的基础上，推进绿色能源开发利用，促进了能源利用效率的提升，对于温室气体的排放也起到了控制作用。

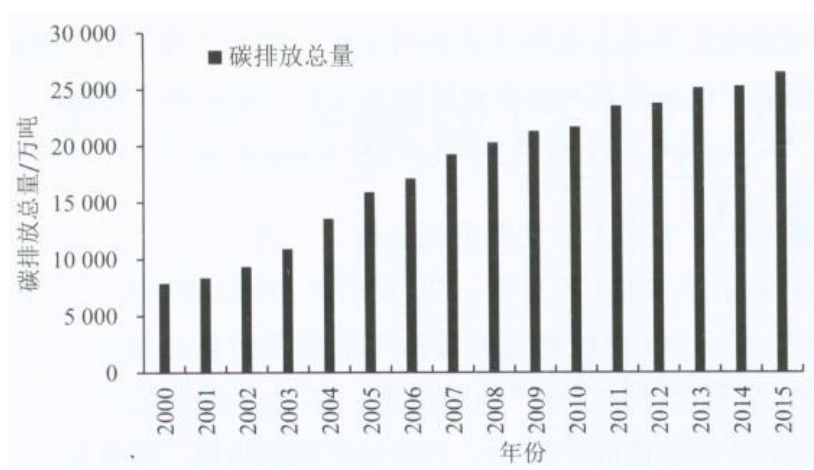


图 1 2000-2015 年江苏省工业碳排放量增长趋势图

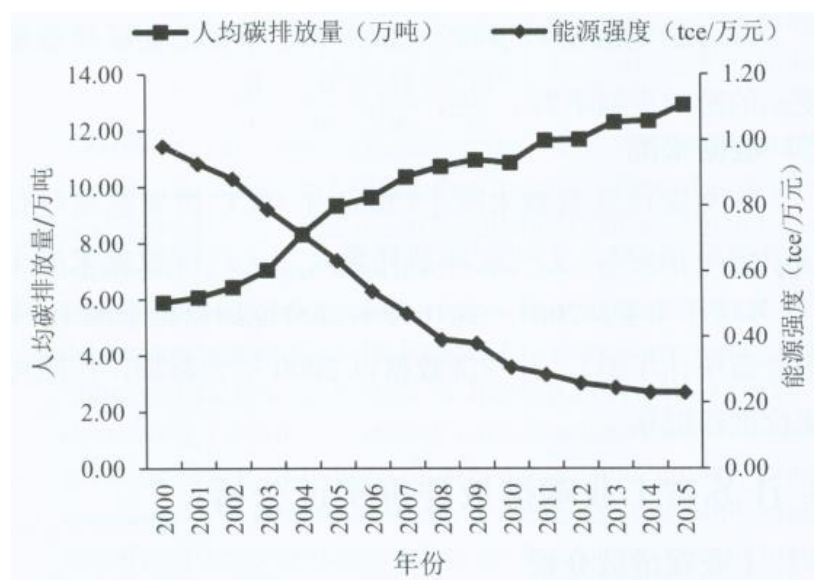


图 2 2000-2015 年江苏省工业人均碳排放量与碳排放强度变化

3.2 工业碳排放影响因素分析

根据 LMDI 分解法，计算得出 2000-2015 年江苏省工业碳排放量的变化因素分解值，利用影响因素贡献率计算公式，可得各影响因素对于江苏省工业碳排放的贡献程度，计算结果如表 1、图 3 所示。

表 1 2000-2015 年江苏省工业碳排放量的 LMDI 分解结果

年份	能源结构 效应	能源强度 效应	经济结构 效应	经济规模 效应	总效应
2000-2001	-12.06	-404.69	32.38	809.38	425
2001-2002	-5.15	-441.35	176.54	970.96	701.01
2002-2003	14.63	-1111.56	505.26	1616.82	1025.14

2003-2004	12.16	-1217.58	487.03	2313.4	1595.01
2004-2005	12.06	-1761.98	146.83	3083.47	1480.37
2005-2006	-0.73	-2638.14	164.88	2638.14	164.15
2006-2007	-5.25	-2540.92	-181.49	3266.9	539.24
2007-2008	-33.65	-3751.23	-394.87	3356.36	-823.38
2008-2009	17.94	-623.31	-623.31	2285.45	1056.78
2009-2010	45.21	-4510.25	-644.32	3865.93	243.43
2010-2011	-18.52	-1580.36	-677.3	3838.01	1561.83
2011-2012	-11.46	-2362.46	-708.74	2362.46	-720.19
2012-2013	8.92	-1220.72	-976.57	2441.43	253.07
2013-2014	36.88	-1511.29	-755.64	2266.93	36.88
2014-2015	11.48	-2437.27	-1126.2	3247.9	-304.09
合计	72.47	-28113.1	-4575.52	38363.55	5747.4

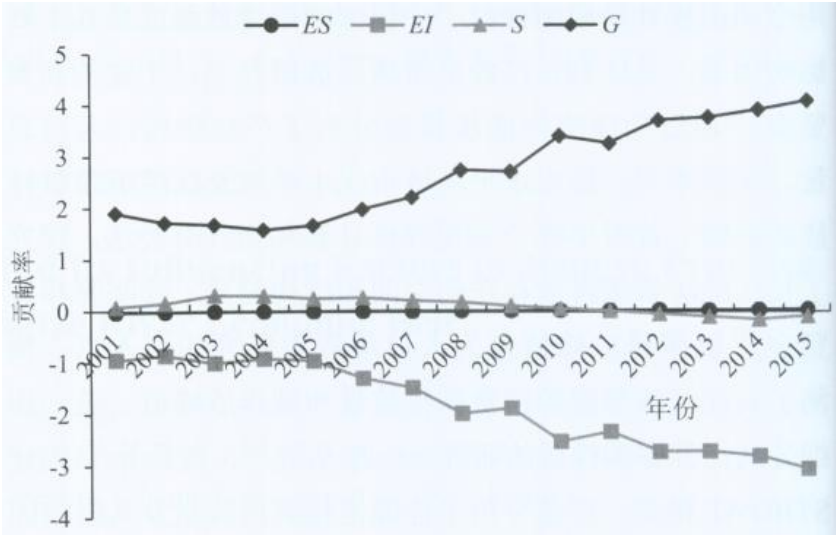


图 3 2000-2015 年各因素对江苏省工业碳排放量的贡献率趋势图

对表 1 和图 3 分析可知：

（1）能源结构效应。能源结构因素对于江苏省工业碳排放贡献率最小，即抑制或驱动作用均不明显，但自 2012 年起逐步呈现驱动作用，2000-2015 年累计实现碳增量 72.47 万吨。煤炭消耗量占工业能源消耗量比重较大是能源结构效应实现的碳增量为正的主要因素。煤炭消耗量由 2000 年的 8243.97 万吨增长到 2015 年的 25646.36 万吨；而在能源平均碳排放量占总碳排放量的比重中，煤炭比重高达 77.76%。煤炭消耗量在工业能源总消耗的占比虽然由 2000 年的 80.39%下降到 2015 年的 77.89%，但近年来能源结构效应呈现的驱动作用表明了，江苏省对于清洁能源、绿色工业技术的研发与推广力度有待加强。

（2）能源强度效应。能源强度因素对于江苏省工业碳排放的抑制作用最大，2000-2015 年累计实现碳减少量 28113.09 万吨。且能源强度的抑制作用主要呈波动趋势，抑制作用在 2007-2008 年达到峰值后，2008 年跌至低谷，2009 年至今呈现先弱后强的趋势。能源强度的正驱动作用主要有两方面的原因，首先是江苏省对于工业发展的效率与质量要求以及低碳经济政策的支持与推广；其次是工业技术的进步。其中技术的进步是碳排放量减少的主要动力。江苏省近年来吸引高水平外资和智能制造投

资，特别是工业技改投资，有效促进了工业节能减排，对于资源高效利用水平的提升起到了促进作用。

（3）经济结构效应。经济结构效应 2000-2015 年累计实现碳减量 4575.52 万吨，其变化趋势主要分为两个阶段。第一阶段是 2000-2006 年，经济结构效应的贡献率为正，对于江苏省工业碳排放起到了倒“U”型的正向驱动作用。第二阶段是 2007-2015 年，经济结构效应的贡献率为负，对于江苏省工业碳排放起到了抑制作用，且抑制效果逐年增强。江苏省重视产业结构的转型与升级，自 2003 年经济结构效应的驱动作用达到峰值后，驱动作用逐年减弱，并于 2007 年实现经济结构的初步优化。但同时应该注意到，经济结构效应的年变化值较小，贡献率曲线趋于平稳，且抑制效果远小于技术进步带来的碳排放的减少，经济结构的调整与转型之路依旧艰巨。

（4）经济规模效应。经济规模的不断扩大，对于江苏省工业碳排放起到了最强的驱动作用，2000-2015 年累计实现碳增量 38363.55 万吨，超过能源强度和经济结构的抑制作用之和，且其贡献率曲线斜率呈不断增大趋势。江苏省工业发展迅速且实力雄厚，是中国的工业大省，2011-2015 年工业生产总产值平均增长率达到 10%。但是经济效益水平未达到最佳，经济的发展仍然以一定的生态环境作为代价，如何尽快实现粗放的经济增长模式转变为低碳绿色经济增长模式，仍然是亟待解决的难题。

4、结论和建议

江苏省工业碳排放测算评价显示，整体呈波动上升趋势，但增速减缓；单位能耗与人均碳排放量呈反向变动，且单位能耗下降速度快于人均碳排放上升速度。通过江苏省工业碳排放影响因素及其变异特征分析，结果显示技术进步因素对于江苏省工业碳排放的抑制作用最大。经济规模因素对于江苏省工业碳排放起到了最强的驱动作用，而经济结构效应对于工业碳排放增长的贡献率由正到负，即经济结构的改善逐步抑制了江苏省工业碳排放的增长，但抑制强度远低于技术进步因素。能源结构因素对于江苏省工业碳排放的驱动或抑制作用均不明显，但总体呈微弱的驱动因素。

根据以上结论，为促进江苏省生态经济建设以及长江经济带战略的深入推进，提出如下对策建议。

（1）加强工业科技创新建设，推动人才流动机制完善。利用长三角有利的区位优势和长江经济带工业创新网络建设的机遇，进一步联合和强化长江经济带现有的创新基础平台，促进工业创新成果区域内的转移转化、产权和工业专利联盟的建立与完善。同时发挥江苏省人才创新优势，促进长江经济带区域内高水平人才流动双向机制。通过江苏省技术创新与人才交流，引领长江经济带区域创新创业生态圈的建立，抢占工业科技发展和高端制造的战略制高点。

（2）推动工业产业转移承接，优化工业结构实现集群式发展。利用长江黄金水道建设综合立体交通走廊，促进资源、劳动力密集型，技术、资金密集型工业产业梯度转移、有序承接。并创新转移方式，利用园区共建、“飞地经济”等方式实现互利共赢。并进一步推动江苏省传统工业供给侧改革以实现转型升级，同时培养高端工业产业，全面构建江苏省工业产业创新体系。优化工业布局，打造世界级工业集群，推动形成具有核心竞争力的长江工业基地。

（3）提升清洁能源开发与利用效率，推动沿江绿色能源产业带完善。利用黄金水道优势，提高对于长江中上游地区水电、天然气、页岩气等清洁能源的利用效果，减少省内工业对于煤炭的依赖程度。同时利用自身工业技术的创新优势，促进中上游能源开发效率，并转变省内能源生产与消费方式，推动沿江绿色能源产业带的建立与完善。

（4）提升经济发展生态质量，推动苏北、苏中和苏南生态统筹发展。推动苏北、苏中和苏南三大区域陆海统筹、跨江融合、江海联动发展新格局。苏北以绿色工业为主线，重新定位苏北新发展。苏中利用上海、苏南等创新优势和长江中上游资源优势，更好地融入长江经济带生态发展。苏南在发展绿色智能制造和创新机制上率先突破，融合创新工业资源，突破新兴业态，从而促使江苏省三大区域板块与长江经济带协作创新力促区域经济一体化生态发展。

[参考文献]:

- [1] Shimizu Y, Dejima S, Toyosada K. The CO₂ emission factor of water in Japan[J]. Water, 2012 (4): 759-769.
- [2] 程叶青, 王哲野, 张守志, 等. 中国能源消费碳排放强度及其影响因素的空间计量[J]. 地理学报, 2013 (10): 1418-1431.
- [3] 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.
- [4] 黄国华, 刘传江, 赵晓梦. 长江经济带碳排放现状及未来碳减排[J]. 长江流域资源与环境, 2016 (4): 638-644.
- [5] 徐晓晔, 黄贤金. 基于碳排放峰值的长江经济带人口承载力研究[J]. 现代城市研究, 2016 (5): 33-38.
- [6] 潘岳, 朱继业, 叶懿安. 江苏省碳排放影响驱动因素分析——基于 STIRPAT 模型[J]. 环境污染与防治, 2014 (12): 104-109.
- [7] 黄蕊, 王铮, 丁冠群, 等. 基于 STIRPAT 模型的江苏省能源消费碳排放影响因素分析及趋势预测[J]. 地理研究, 2016 (4): 781-789.
- [8] 赵欣, 龙如银. 江苏省碳排放现状及因素分解实证分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010 (7): 25-30.
- [9] Malla S. CO₂ emissions from electricity generation in Seven Asia-Pacific and North American Countries: A decomposition analysis[J]. Energy Policy, 2009, 37: 1-9.