

# 工业集聚能否提升长江经济带的能源效率？

陈宇峰 成思远 朱志韬<sup>1</sup>

**【摘要】：**长江经济带作为我国东中西互动合作的主要协调发展带，其能源效率提升的重要性不言而喻。本文主要采用 1998-2018 年间我国长江经济带 11 个省市的面板数据，集中讨论了工业集聚对长江经济带能源效率提升的影响机制。研究表明：长江经济带的整体能源效率在 1998-2018 年一直处于较高水平，期间效率变动程度并不大，效率值稳定在 0.9-1 之间。从长江经济带的整体层面来看，工业集聚能显著提升能源效率。但是，从分地区来看，中游地区的工业集聚对能源效率有显著的负向影响，而上下游地区工业集聚对能源效率具有正向影响。长江经济带各地区只有积极融入长三角一体化国家战略、推进工业集聚区的能源基础设施建设、优化工业布局 and 产业结构、互促互进发挥共享效应，才能进一步提升能源利用效率。

**【关键词】：**工业集聚 能源效率 超效率 SBM 模型

## 一、引言

中国经济实力不断提升，但能源过度消耗与环境污染严重等问题也日益凸显。如何有效提升能源效率自然越来越受到社会各界的重视。《中国能源供需报告(2019)》显示，2018 年我国能源消费总量为 46.4 亿吨标准煤，占全球一次能源消费总量的 23.6%，连续十年位居全球第一。长江经济带横贯我国东中西三大区域，涵括上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、四川、重庆、云南、贵州等 11 个省市区，这一“条状”发展带串联起长三角、长江中游城市群和成渝经济区三大板块，也是国内推进供给侧改革、实施产业结构调整、促进产业转移与衔接的重点开发区和试验先行区。2018 年，长江经济带国民生产总值约 40.3 万亿元，占全国的 44.1%，而面积仅占全国的 21.4%。长江经济带的能源消耗总量仍处上升趋势，在全国的占比一直在 35%以上。<sup>①</sup>面对如此之高的能源消耗量和增长态势，如何降低能源消耗强度、提升能源效率是长江经济带高质量发展中亟需解决的重要议题之一。

工业集聚不仅可以为产业区内企业带来经济效益，而且还能推动区域内能源效率的大幅提升。新古典经济学开创者阿尔弗雷德·马歇尔曾提出，产业集聚是某一行业在特定区域的集中，产业集聚会形成专业化产业区，集中于该产业区的企业会获得经济外部性的好处。<sup>②</sup>作为产业集聚的一种表现形式，工业集聚同样可以通过知识技术溢出和规模效应为企业带来发展动力。除此以外，工业集聚会为产业区内的企业带来能源以及其它基础设施的共享效应。过于分散的企业布局会产生大量电力以及其它能源的浪费，产业区内企业则可共享能源基础设施，极大地减少工业能源的不必要消耗，并且通过改善能源利用水平来大幅提升能源效率。

长江经济带作为我国最重要的工业走廊之一，工业集聚无疑会成为其经济发展的有力推手。然而，工业集聚作为推动其发展的重要基石，总是与能源短缺、资源浪费等问题相伴而生。从整体上来看，当前长江经济带的产业布局与资源、市场的实际情况严重脱节。例如，钢铁、石化、建材等耗能型企业多数集中在东部地区。然而，煤炭等能源基地则主要集中于中西部地区；东部地区轻工、纺织等产业外向型特征十分明显，而棉、毛、麻、丝等天然纤维原料则需要从中、西部地区调运。<sup>③</sup>产业布局与资源错配导致的大规模资源、产品跨区域流动又会抑制能源效率的提升。与此同时，长江沿岸重化工业高密度布局，是我国重化工业的主要集聚区，但众多产业项目和园区之间的上、下游梯度产业链条不明显，无序竞争和产业同构等问题十分严重。如果要解决这些问题，就需理顺长江经济带各地区工业集聚与能源效率的内在机理，从而提出针对性的政策建议。

<sup>1</sup>作者简介：陈宇峰，浙江工商大学经济学院教授、博士生导师；

成思远，浙江工商大学经济学院；

朱志韬，浙江工商大学经济学院。杭州 310018

基金项目：浙江省哲学社会科学基金(18NDJC184YB)；国家自然科学基金(71673250)；浙江省杰出青年科学基金(LR18G030003)

如何有效解决长江经济带工业发展与能源消耗之间的内在矛盾是当前决策者所面临的重大问题。遵循上述逻辑思路,有以下问题值得进一步深思:长江经济带的能源效率变动趋势如何?长江经济带中不同地区的工业集聚对能源效率又有何影响?基于此,本文选取 1998-2018 年长江经济带各省市的面板数据作为研究样本,并采用面板数据随机效应模型进行实证检验。这一研究不仅有助于弥补工业集聚和能源效率关系研究的不足,同时也为决策部门有针对性地确定有效的节能政策措施提供客观的依据。本文可能的贡献主要体现在以下几个方面:第一,采用超效率 DEA 模型测算长三角经济带能源效率,更准确地评估能源环境绩效和更清晰地区分长三角地区的效率差异。第二,在全局分析的基础上,进一步探讨长江经济带地区间工业集聚对能源效率的异质性影响。

## 二、文献综述

工业化和城镇化的扩展与深化,一定程度上提升了国民经济的整体运行效率,但能源消耗量和污染物排放量也随之增加。<sup>(4)</sup>中国是世界上最大的能源消耗国,破解这一难题需要借助于提升能源效率。<sup>(5)</sup>城市产业群是中国经济最活跃的区域单元类型之一,由属于同类产业的大小企业集聚而成,对能源消费和利用效率起着至关重要的导向作用。<sup>(6)</sup>地区产业集聚往往伴随区域内能源基础设施共享以及能源产业集聚。产业结构优化可能会相对降低能耗,从而提升能源利用效率。<sup>(7)</sup>工业集聚作为产业集聚的一种表现形式,是一种对各种生产要素进行占有、转移、再组合以选择最佳地理位置的配置过程。<sup>(8)</sup>相较其他行业,工业生产对自然条件的依赖性较低,再加上规模经济效益和前后向联系的正反馈作用,更容易产生经济集聚。王海宁和陈媛媛采用 25 个工业行业数据,实证表明工业集聚形成的外部性不仅可以促进经济增长,也会提升能源效率,但在各个产业中的作用方式有所不同。<sup>(9)</sup>

实际上,对于产业集聚和能源效率间的内在关系及作用机制已有不少的研究讨论。大致而言,可分为三类研究:第一类研究认为,产业集聚对能源效率有正向的促进作用。Liu 等发现:工业集聚能提高国家层面的能源效率,但在地区层面有不同的表现;在中国中部和西部地区,产业集聚与能源效率表现为正相关关系,并且西部产业集聚对能源效率的促进作用更强。<sup>(10)</sup>Wang 等人也认为,交通扩张会通过改善区域区位优势,进一步影响区域间的资源流动,从而促进产业内集聚;而产业集聚则通过技术溢出、规模经济和市场竞争进一步影响能源效率。<sup>(11)</sup>第二类研究认为,产业集聚对能源效率有负面影响。师傅和任保平使用 EBM 模型测算了 1999-2015 年中国工业行业能源效率,发现政府干预会促成表面上的产业集聚,但会抑制节能减排潜力。<sup>(12)</sup>程中华等人的研究发现,在全国层面制造业集聚对能源效率呈现显著的负向抑制作用。<sup>(13)</sup>第三类研究则认为,产业集聚对能源效率的影响呈现出非线性的关系。Zhao 和 Lin 的研究发现,纺织行业在集聚规模较低时,产业集聚的提高有助于提升能源效率,但当集聚达到一定水平时,集聚与能源效率却呈现出负相关性。<sup>(14)</sup>

除此以外,还有不少文献围绕产业专业化集聚、多样化集聚以及协同集聚对能源效率的影响展开深入探讨。乔海曙等人将制造业的行业门类作为研究对象,使用了 GMM 的实证方法发现,相对于多样化集聚,制造业的专业化集聚更易提升能源效率。<sup>(15)</sup>郭劲光和孙浩则应用空间面板模型分析了不同地区产业专业化集聚和多样化集聚对能源效率的不同影响。<sup>(16)</sup>吴传清等选取长江经济带的地级市面板数据,应用门槛效应模型,分析产业协同集聚对能源效率的影响机制,研究发现这两者之间作用关系也会受到其它门槛变量的影响。<sup>(17)</sup>

综上所述,工业集聚对能源效率的影响已有一定的研究积累,但两者之间的内在作用机理并未明朗,长江经济带更是如此。作为中国东中西经济发展纽带,长江经济带的工业体系作为其产业体系发展的核心和支柱,研究该地区工业集聚对能源效率的影响,对促进能源利用的合理化具有重大的战略意义。因此,本文主要选取 1998-2018 年长江经济带 11 个省市的面板数据作为研究样本,运用区位熵指数测算工业集聚水平,构建超效率 SBM 模型测算各省市的能源效率,深入探讨工业集聚与能源效率间的影响及作用机理,最后根据实证结果提出相关的政策建议。

## 三、模型、变量与数据

### (一) 计量模型

现有研究表明,政府干预、对外开放程度、经济水平、城镇化等均是能源效率的重要影响因素,<sup>(18)</sup>但程中华等人发现,产业集聚是能源效率的关键影响因素。<sup>(19)</sup>为了验证长江经济带的工业集聚是否可以提升能源效率,本文借鉴 Liu 等人的研究,<sup>(20)</sup>将工业区位熵指标作为核心解释变量,能源效率值作为被解释变量,构建如下计量模型:

$$EE_x = \theta agglo_x + \delta X_x + \epsilon_x \tag{1}$$

其中,EE 表示各省市的能源效率,aggllo 表示工业集聚水平,X 表示影响能源效率的其他重要因素, $\epsilon$  为误差项。本文主要选取以下 6 个变量作为控制变量:政府干预(Gov)、劳动力成本(Lab)、对外开放程度(Open)、城镇化率(Urb)、经济发展水平(Eco)、产业结构(Ind)。

(二)变量说明与数据来源

为保证数据的有效性与可获得性,本文采用 1998-2018 年长江经济带 11 个省市的面板数据作为样本,各项数据主要来源于《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国工业统计年鉴》,以及各省市的统计年鉴。数据的描述性统计如下表 1 所示。

表 1 各变量的描述性统计

变量	样本数	平均值	标准差	最小值	最大值
Labor	231	3055.478	1190.647	792.26	4883
Capital	231	7312.033	8945.104	107.81	48827.21
Energy	231	10679.35	6292.264	2028	35732
GDP	231	11233.12	10155.84	841.88	59131.95
Agglo	231	0.8664	0.2978	0.4631	1.7704
Gov	231	0.1828	0.0769	0.0468	0.4022
Lab	231	3.4399	2.5627	0.5384	14.04
Open	231	0.2998	0.3807	0.2935	1.6682
Urb	231	0.4718	0.1649	0.2108	0.896
Eco	231	3.0242	2.6994	0.2364	13.4982
Ind	231	0.3927	0.0609	0.2497	0.543

1. 被解释变量。

能源效率(EE):本文主要采用 Tone 提出的超效率 SBM 模型(Super Efficiency-Slacks Based Measure)来测算能源效率。相关指标的选取及数据处理如下,资本投入(Capital):采用永续盘存法测算各省的资本存量;<sup>(21)</sup>劳动投入(Labor):采用各省年末的就业人数衡量;能源投入(Energy):采用各省市的能源消费量(已转化为标准煤)表示;产出指标:选取各省市生产总值(1998 年不

变价)作为产出指标。

2. 核心解释变量。

工业集聚(Agglo):以往的研究常用各种系数来衡量工业集聚水平,如赫芬达尔指数、胡佛系数或熵指数,考虑到数据的可用性和研究目的,本文采用区位熵指数来衡量长江经济带 1998-2018 年的工业集聚水平,具体的计算公式如下:

$$agglor = \frac{output_r/output_t}{output_i/output}$$

(2)

其中,output<sub>r</sub>代表 r 地区的工业总产值;output<sub>r</sub>为 r 地区的生产总值;output<sub>t</sub>表示全国工业生产总值;output 为全国生产总值。

3. 控制变量。

政府干预(Gov):政府干预能够显著影响市场经济对能源效率的作用效果。<sup>(22)</sup>政府干预程度由各城市政府财政支出占 GDP 的比重来衡量。劳动力成本(Lab):能源和劳动力之间存在一定程度的可替代性,即当劳动力成本下降时,能源需求减少,能源效率增加。本文选取从业人员的工资水平衡量劳动力成本。对外开放程度(Open):对外开放使得各省能够获得更多先进的管理模式与科学技术,从而提升各地区的能源效率。对外开放程度由各省市进出口总额占区域生产总值的百分比表示。城镇化率(Urb):城镇化的过程伴随着产业集聚转型和人口集中度提升,带来的能源需求增长也就决定了能源消费及其效率的现实状况。<sup>(23)</sup>因此,城镇化率则由城镇人口占总人口的比例表示。经济发展水平(Eco):大多研究一般都认为,经济发展水平较高的地区能更加有效的利用能源资源,从而其拥有更高的能源效率。<sup>(24)</sup>经济水平由各省市 GDP 除以各省人口总数来衡量。产业结构(Ind):能源消耗和环境垃圾大多来源于第二产业,而第二产业已成为能源消耗和环境污染的主要来源。<sup>(25)</sup>产业结构由第二产业产值占 GDP 的比重表示。

四、实证结果及分析

(一)长江经济带能源效率测算

本文选择超效率 SBM 模型,利用 MaxDEA 软件来计算长江经济带所有省市的能源效率,并对长江上中下游地区及五个时间段的能源效率进行比较,结果如表 2 所示。

表 2 长江经济带各省市能源效率值

省份	1998-2001	2002-2005	2006-2009	2010-2013	2014-2018	均值
云南	1.608	1.533	1.558	1.423	1.296	1.475
贵州	0.362	0.371	0.429	0.451	0.452	0.415
重庆	0.748	0.891	0.877	1.020	1.066	0.928
四川	0.759	0.797	0.832	0.901	0.921	0.846
上游地区	0.869	0.898	0.924	0.949	0.934	0.916
江西	0.755	0.630	0.615	0.630	0.621	0.649

湖北	0.918	0.936	1.007	1.020	0.999	0.977
湖南	1.009	0.910	0.860	0.869	0.904	0.910
中游地区	0.894	0.826	0.828	0.840	0.841	0.845
安徽	0.955	1.084	1.143	1.164	1.123	1.095
上海	1.479	1.456	1.388	1.295	1.153	1.345
江苏	1.026	1.047	0.987	1.026	1.063	1.031
浙江	1.154	1.105	1.060	1.040	1.003	1.069
下游地区	1.153	1.173	1.145	1.131	1.086	1.135
长江经济带整体效率值	0.979	0.978	0.978	0.985	0.964	0.976

从表 2 可以发现,长江经济带的整体能源效率在 1998-2008 年间一直处于 0.9 以上,说明整个地区的能源利用水平还是相对比较高的。从空间格局来看,长江经济带的下游地区基本都是国内经济发展程度相对较高的发达省份,中游地区的经济发展程度次之,上游地区则由经济发展程度较低的几个西部省份所组成。在样本观测期间,下游地区得能源效率明显领先于上游和中游地区,并且效率值都在 1 以上,只有在 2013-2015 年略显下降趋势,其余年份都较为平稳。其中上海市的能源效率值略高于其它三个省,其能源效率维持在 1.3 以上,能源利用水平相对较高。中游地区能源效率在 2003 年之前呈现下降趋势,其余年份也都稳定在 0.8 以上。湖北省和湖南省的能源效率较为接近,而江西省的能源效率处于较低水平,并且在 1998-2005 年间略有下降趋势,整体效率值仅维持在 0.6 以上。上游地区的能源效率值处于中游和下游之间并且与中游地区较为接近,在 2006-2013 年间一直保持着上升趋势,总体效率值稳定在 0.9 以上。上游地区四个省市中较为特殊的是云南省,由于其在样本观测期间能源消耗量较少并且经济产出相对较高,从而导致该省的能源效率值明显高于同地区的其它省份,而贵州省的能源效率处于最末位,虽然在 1998-2018 年间略微呈现上升趋势,但年均效率值仅在 0.4 以上。

## (二)整体层面的回归结果分析

首先对变量进行平稳性检验,通过 LLC 检验可发现能源效率、工业集聚均通过了平稳性检验,可以进行后续的计量讨论分析。经过 Hausman 检验,Chi2(7)值为 8.37, p 值为 0.3009,大于 0.01,没有拒绝原假设,因此采用随机效应模型,而非固定效应模型,整体层面的计量回归结果如表 3 所示。

表 3 长江经济带的基本回归结果

变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)
Agglo	0.1874*** (6.15)		0.1046*** (2.5)
Gov		0.0304*** (3.15)	0.0365*** (2.82)
Lab		-0.026*** (-3.19)	-0.0249*** (-3.02)
Open		-0.9294* (-1.67)	-0.0506 (-1.06)

Urb		0.7074*** (4.23)	0.5203*** (2.81)
Eco		-0.0077** (-2.15)	-0.0049*** (-2.62)
Ind		0.3797*** (3.22)	0.2007 (1.45)
Cons	0.8139*** (8.77)	0.6053*** (4.49)	0.6406*** (6.9)
R <sup>2</sup>	0.1448	0.2914	0.3141
Obs	231	231	231

从模型(1)的回归结果来看,当解释变量只有工业集聚时,长江经济带工业集聚在 1%的显著水平下对能源效率有正向的影响,并且工业集聚增加一个单位,能源效率就会上升 0.1874。模型(2)分析了所有控制变量对能源效率的影响,结果表明所有控制变量的回归系数均通过显著性检验。其中,政府干预、城市化率和产业结构对能源效率有正向的影响,而劳动力成本、对外开放程度和经济发展水平对能源效率有负向影响。模型(3)中的解释变量同时包含了工业集聚和控制变量。从回归结果来看,工业集聚仍然在 1%的显著水平上对能源效率有正向的影响,并且工业集聚每提升一个单位,长江经济带的整体能源效率就上升 0.1046。政府干预在 5%的显著水平上对能源效率具有正向影响,表明政府对经济生产的适当干预可以规范市场的运行秩序,有利于市场中资源的合理配置以及企业之间的合理分工,从而提升区域内的能源效率。经济发展水平在 1%的显著水平上对能源效率变为负向影响。人均 GDP 每上升 1 单位,能源效率就会下降 0.0049,这表明长江经济带的长期经济发展仍然依赖大量的化石燃料以及其它能源的消耗,这种粗放型的经济增长模式在短期内虽然可以带来极大的经济回报,但也造成了资源浪费,甚至对能源效率产生了负向的影响。城市化水平在 1%的显著性上对能源效率有正向的影响,且城市化率对能源效率的贡献系数为 0.5203,这说明城市化进程能够有效地推动技术革新以及产业合理布局,一定程度上可以降低单位能源消耗量,从而大幅提升能源效率。此外,劳动力成本和产业结构这两个指标在 5%显著水平上对长江经济带的能源效率分别有负向和正向的影响。

### (三)分区域的回归结果分析

在进行分区域实证分析之前,我们首先使用 Hausman 检验计算发现,长江经济带上游、中游和下游地区的 P 值都等于 0,因而选取固定效应模型(FE)进行分区域实证分析,结果如表 4 所示。

表 4 长江经济带分区域实证结果

变量	上游		中游		下游	
	模型(4)	模型(5)	模型(6)	模型(7)	模型(8)	模型(9)
aggl o	0.5038*** (4.51)	0.1929*** (3.51)	-0.0854*** (-3.85)	-0.2964*** (-2.76)	0.2916*** (10.54)	0.0842*** (2.95)
Gov		0.3224** (2.41)		0.9446* (1.67)		0.4336* (1.97)
Lab		-0.0836*** (-3.39)		0.0555*** (2.82)		-0.0349*** (-3.86)
Open		0.0536 (0.19)		0.0526 (0.1)		-0.1508*** (-4.64)
Urb		0.3124 (0.62)		-1.488*** (-3.06)		0.9048*** (4.64)
Eco		0.1134*** (3.19)		0.0043 (0.36)		-0.0036 (-0.37)

Ind		0.4059** (2.08)		0.2473 (1.27)		0.169* (1.69)
Cons	0.5814** (2.37)	0.4809** (2.62)	0.9111*** (24.92)	1.2922*** (10.95)	0.8022*** (24.97)	0.6314*** (9.23)
F	20.51	90.85	108.42	211.35	111.03	38.42
Obs	84	84	63	63	84	84

从模型(5)的实证结果来看,上游地区工业集聚在 1%的显著水平下对能源效率有正向影响,并且工业集聚增加 1 个单位,能源效率上升 0.1929,这一数值高于全国平均水平。上游地区包括重庆市、四川省、云南省和贵州省,这些省份都地处中国西部,经济相对不太发达,工业集聚程度较低。如果这些地区能加快工业集聚进程,则会使处于同一地区的工业企业合理配置生产要素,从而降低生产成本和运输成本。另外,这些省份的工业集聚也会使行业领军企业的生产技术和经验向外部溢出,这不仅能降低地区能源消耗和其它生产要素投入,还能增强其它企业的生产能力,从而大幅提升区域能源效率。

模型(6)与模型(7)结果均显示:中游地区工业集聚在 1%的显著水平上对能源效率具有负向的影响,且模型(7)中的系数表示中游地区的工业集聚每上升 1 单位,能源效率就会下降 0.2964。中游地区包括湖北省、湖南省以及江西省,这些省份处于中国中部地区,经济发展水平和工业集聚程度均优于上游地区。对于中游地区,工业集聚对能源效率有显著的负向影响。可能的解释是:中游地区工业集聚已经度过了降低能源消耗以及提升能源效率的阶段,相反更高的工业集聚度只会使得这些工业企业为了相同产品的销售而过度竞争,从而导致企业对非生产过程的过度投资,减少技术革新甚至会采用低成本、高能耗以及高污染物排放的原始生产模式来博取更高的经济收益。另一方面,这些工业企业的过度集聚使得市场的生产要素得不到合理配置,从而导致建设过程中资源、能源的浪费以及产能超出社会所需的现象,这些情况的发生都会降低工业集聚对能源效率的正向影响,甚至起到反向的抑制作用。

从下游地区的实证结果来看,工业集聚对能源效率的影响显著为正,工业集聚度上升一个单位,能源效率则会增加 0.0842。由于下游地区包括的都是东部省份,这些省份的特点就是工业集聚度和经济发展程度都相对其它地区来说更高。相比于中游地区,下游地区刚刚度过工业集聚抑制能源效率提升的阶段,因为这些省份的工业布局以及资源配置都得到了更合理的调整。另外,下游地区集聚区内能源以及其它基础设施的布局相对于上中游地区来说更为完善,这对降低能源消耗与提高能源利用效率都起到正向的促进作用,因此更高的工业集聚程度也会对能源效率有正向影响。

对于控制变量来说,政府干预对能源效率的影响在上游、中游、下游地区相同,并且和整体回归结果基本一致,但在上游和下游地区影响较为显著,这表明有效的政府干预能促进上游以及下游地区生产要素的合理配置,从而显著地提升区域内的能源效率。城镇化水平对能源效率的影响只在下游地区显著为正,这意味着相对于中上游地区,下游地区城镇化进程的加快更有利于推进合理的产业布局,从而提升下游地区的能源效率。产业结构对能源效率在上游、中游、下游分别在 5%、10%、5%的显著程度下具有正向影响,工业产业属于能源消耗量很高的产业,位于长江经济带的城市多以工业生产为主,但下游地区的第三产业即非高能耗的产业比重逐渐提升,而工业的产业模式和结构也逐渐开始改善,同样上中游地区对于第二产业的发展也进行了合理的调整,使得在整体层面上产业结构对能源效率具有正向的影响。经济发展水平这一指标对能源效率仅在上游地区具有显著的促进作用,这与整体回归结果来说正好相反,这可能是因为上游地区经济发展程度较低,虽然粗放式的经济发展模式会带来一定程度上的资源浪费,但对于提升上游地区的能源效率仍有不小的推动作用。

#### (四) 稳健性检验

上文已主要分析了长江经济带 11 个省市工业集聚对能源效率的影响机制。为了更好地观测估计结果的可靠程度,我们分别采用了更换工业集聚指标和添加控制变量的方式来进行稳健性检验,对于以下几种模型,我们都进行了 Hausman 检验,结果均显示

应采用固定效应模型 (FE), 稳健性检验结果如下表 5 所示。

表 5 稳健性检验结果

变量	模型 (10)	模型 (11)	模型 (12)
Agglo			0.1848*** (4.94)
Agglo_add	0.2705*** (4.02)	0.3139*** (4.60)	
Gov	0.4823* (2.04)	0.1986** (2.48)	0.1502** (2.29)
Lab	-0.0286*** (-3.40)	-0.0293*** (-2.88)	-0.0183* (-1.84)
Open	-0.0452 (-0.92)	-0.0748 (-1.53)	-0.0985** (-2.09)
Urb	0.7007*** (3.69)	0.4425** (2.12)	0.1468 (0.66)
Eco	0.0028 (1.38)	0.0013** (2.18)	0.0008* (1.82)
Ind	-0.0074*** (-3.52)	-0.1078 (-1.59)	0.0431*** (2.79)
Road		0.0957*** (3.24)	0.1147*** (3.80)
Rail		-1.5255** (-2.22)	-2.5298 (-1.59)
Cons	0.5162*** (8.61)	0.6051*** (7.91)	0.7976*** (10.56)
Obs	198	198	198

在模型 (10) 中, 我们使用工业产出增加值来计算区位熵 (Agglo\_add), 并且使用该指标代替原来的工业集聚指标。由于交通基础设施对能源效率也会产生一定影响, 为了检验原模型的稳健性, 我们在模型 (11) 中增加了控制变量, 分别是公路密度 (Road) 和铁路密度 (Rail), 这两者是使用各省公路以及铁路长度除以全省面积计算得到, 单位为公里/平方公里。模型 (12) 中则采用了原工业集聚指数并且增加了两个交通基础设施控制变量。

由于铁路密度的相关数据从 2000 年才开始统计, 因此该部分采用 2000–2017 年的数据进行回归分析。从以上三个模型的估计结果来看, 工业集聚仍然在 1% 的显著程度下对能源效率具有正向的影响, 控制变量在整体上对能源效率的作用方向并未发生改变, 并且基本通过显著性检验, 因此可判断本文的实证结果是稳健的。

## 五、结论与启示

本文依据我国 1998–2018 年长江经济带 11 个省份的面板数据, 主要讨论工业集聚对长江经济带能源效率的影响机制, 得出以下主要结论: (1) 长江经济带的整体能源效率在 1998–2018 年一直处于较高水平, 期间效率变动程度不大并且效率值稳定在 0.9–1 之间。地区能源效率依次按下游、上游、中游排序, 下游所有省份能源效率值均高于 1, 且上海市能源效率达到 1.3 以上, 能源效率较低的省份包括江西省和贵州省, 其效率值仅高于 0.6 和 0.4; (2) 从长江经济带的整体层面来看, 工业集聚能显著地提升整体区域的能源效率。但分地区来看, 中游地区的工业集聚对能源效率有显著的负向影响, 而上下游地区工业集聚对能源效率具有显著的正向影响; (3) 对于其它重要影响因素, 政府适当的经济干预、合理的城市化进程以及产业结构的优化升级均会显著提升长江经



济带的能源效率,而通过支付高额的劳动力成本以及采取粗放式的经济发展模式都会对能源效率产生负面影响。另外,上游、中游和下游地区控制变量对能源效率的影响有一定的差异性。

根据上述实证结果,本文提出如下几点政策启示:(1)发挥区位优势,优化长江经济带工业布局。长江经济带下游地区,主要包括上海、江苏、浙江、安徽,工业聚集程度相对较高,需要采取一系列措施加快劳动密集型制造业转移,推动下游地区的制造业转型升级,同时加快技术革新,扶持高新技术企业发展。对于上中游地区,主要是地处我国中西部的省份要做好产业转移的承接工作,加速城镇化进程和经济发展,挖掘工业发展潜力,同时要防止劳动密集和资源密集型工业产业的过度发展。此外,同步推进“一带一路”和长江经济带的重要交汇点,即长三角地区的产业转移与产业转型,与长三角一体化这一国家战略互促互进;(2)营造相对良好的集聚和竞争环境。长江经济带部分工业企业的发展仍然处于较低水平,政府应该适度干预经济发展,严格控制市场上存在的不规范竞争甚至是不正当竞争,防止这些工业集聚中的恶性竞争对能源效率产生抑制作用。对于长江经济带中游地区,江西、湖北、湖南,当地政府应当加强与地方企业的沟通,及时制止同一地区企业之间的恶性竞争,促进这些地区的资源在各企业之间得到合理的分配;(3)调整产业结构,注重环境保护和可持续发展。逐渐调整以重工业为主要经济推动力的发展模式,合理提升产业结构中服务业所占比例。另外,对技术相对落后的工业企业进行限制,调整他们以能源过度消耗和污染物大量排放的生产模式,解决这些工业企业产能过剩等一系列问题,加快类似产业的转型,积极推动技术革新。(4)推进工业集聚区能源以及其它基础设施建设。对于能源基础设施制备不完善的地区,尤其是长江经济带上中游的一些经济欠发达地区,政府应加大扶持力度,打造共建共享的能源基础设施,不仅能提升区域内的整体能源利用效率,而且还会大幅减少因能源过度消耗而引发的环境污染,从而推动长江流域的生态保护和高质量发展。

#### 注释:

1 数据来源:历年《中国统计年鉴》。

2 马歇尔:《经济学原理》,商务印书馆,1983年,第256-301页。

3 段学军等:《长江经济带开发构想与发展态势》,《长江流域资源与环境》2015年第10期。

4 陈芳:《产业集聚对我国能源消耗的影响——基于省级面板数据的研究》,《软科学》2016年第2期。

5 马晓君等:《东北三省全要素能源效率测算及影响因素分析》,《中国环境科学》2017年第2期。

6 Li,Y.,et al.,“Does Industrial Transfer Within Urban Agglomerations Promote Dual Control of Total Energy Consumption and Energy Intensity?”,Journal of Cleaner Production,Vol.204,2018,pp.607-617.

7 刘媛媛等:《石油、天然气能源产业集聚与区域产业结构优化——以新疆为例的研究》,《经济管理》2013年第2期。

8 张妍云:《我国的工业集聚及其效应分析——基于各省工业数据的实证研究》,《技术经济与管理研究》2005年第4期。

9 王海宁、陈媛媛:《产业集聚效应与工业能源效率研究——基于中国25个工业行业的实证分析》,《财经研究》2010年第9期。

10 Liu,J.,et al.,“Does Industrial Agglomeration Promote the Increase of Energy Efficiency in China?”,Journal of Cleaner Production,Vol.164,2017,pp.30-37.

- 
- 11 Wang,N.,et al., “The Impact of Transportation Infrastructure and Industrial Agglomeration on Energy Efficiency:Evidence from China’ s Industrial Sectors”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 244, 2020, 118708.
- 12 师博、任保平:《产业集聚会改进能源效率么》,《中国经济问题》2019 年第 1 期。
- 13 程中华等:《产业集聚有利于能源效率提升吗》,《统计与信息论坛》2017 年第 3 期。
- 14 Zhao,H.,Lin,B.. “Will Agglomeration Improve the Energy Efficiency in China’ s Textile Industry:Evidence and Policy Implications”, *Applied Energy*, Vol. 237, 2019, pp. 326-337.
- 15 乔海曙等:《专业化、多样化产业集聚与能源效率——基于中国省域制造业面板数据的实证研究》,《经济经纬》2015 年第 5 期。
- 16 郭劲光、孙浩:《中国制造产业专业化集聚比多样化集聚更有利于提高能源效率吗》,《南京审计大学学报》2019 年第 4 期。
- 17 吴传清等:《长江经济带产业协同集聚对全要素能源效率的非线性影响》,《武汉理工大学学报》2020 年第 3 期。
- 18 李标等:《城镇化、工业化、信息化与中国的能源强度》,《中国人口·资源与环境》2015 年第 8 期。
- 19 程中华等:《产业集聚有利于能源效率提升吗》,《统计与信息论坛》2017 年第 3 期。
- 20 Liu,J.,et al., “Does Industrial Agglomeration Promote the Increase of Energy Efficiency in China?” , *Journal of Cleaner Production*, Vol. 164, 2017, pp. 30-37.
- 21 张军等:《中国省际物质资本存量估算:1952-2000》,《经济研究》2004 年第 10 期。
- 22 师博、沈坤荣:《政府干预、经济集聚与能源效率》,《管理世界》2013 年第 10 期。
- 23 Li,K.,et al., “How Urbanization Affects China’ s Energy Efficiency:A Spatial Econometric Analysis” , *Journal of Cleaner Production*, Vol. 200, 2018, pp. 1130-1141.
- 24 Sener,S.,Karakas,A.T, “The Effect of Economic Growth on Energy Efficiency:Evidence from High,Upper-middle and Lower-middle Income Countries” , *Procedia Computer Science*, Vol. 158, 2019, pp. 523-532.
- 25 Zhou,X.,et al., “Industrial Structural Transformation and Carbon Dioxide Emissions in China” , *Energy Policy*, Vol. 57, 2013, pp. 43-51.