

# 环境约束下长江经济带煤炭利用效率评价及与经济增长脱钩分析

唐 斌

(云南大学 云南昆明 650500)

**【摘要】** 可持续发展理念已经深入人心,提高能源使用效率是实现经济、生态的可持续性发展的重要手段。针对环境约束下的煤炭使用效率存在的问题,本文将运用包含非期望产出的SBM模型对2006—2018年间长江经济带11个省市的煤炭利用效率进行测算,并将煤炭利用效率与煤炭消费与经济增长进行脱钩分析。研究表明:长江经济带煤炭利用效率整体水平不高,截至2018年整体平均煤炭利用效率仅为0.478;发展极为不均衡,其中上海效率均值为0.567,而云南为0.200;从流域划分来看,按煤炭利用效率均值高低排序依次为长江经济带下游地区、中游地区和上游地区,其中只有上游地区均值低于整体平均水平,未来应该着重提升上游地区省市的煤炭利用效率。利用效率值进行脱钩测算的结果表明,整体上长江中下游省市的煤炭资源消费的脱钩状态变佳,但大部分省市煤炭利用效率脱钩指数仍为弱脱钩,煤炭利用效率受约束而未得到充分提高。

**【关键词】** 长江经济带;煤炭利用效率;SBM-Undesirable模型;脱钩分析

DOI: 10.18686/jyyxx.v2i8.35596

## 1 引言

长期以来,我国粗放型经济的发展对煤炭产生了巨大的消耗,煤炭等生产要素的投入在推动经济飞速增长的同时,也带来了诸多的环境问题。煤炭作为我国主要消费能源的地位短时间内难以改变,提高煤炭使用效率是实现节能减排的重要途径,是经济可持续发展的内在要求。长江经济带作为生态文明建设先行示范区,对我国探索绿色可持续发展之路起着先导性作用。因此,研究碳排放约束下的煤炭利用效率和长江经济带区域经济增长之间的关系在可持续发展时代背景下具有重大的现实意义和政策指导意义。

“十一五”期间提出的节能减排目标推动了我国可持续发展的进程,同时低碳经济效率也成为研究的热点问题。对煤炭效率早期的研究主要采用单要素生产率对其进行衡量,其中最为常用的就是采用经济-热量指标,数值上为某一区域内的能源投入与国内生产总值的比值<sup>[1]</sup>,也有学者将其进一步分解为碳化指数和能源强度指数<sup>[2]</sup>,从而更好地衡量煤炭使用过程中的环境效益和经济效益,因单要素生产率衡量指标所能包含的信息有限,越来越多的人转向了采用全要素生产理论对能源效率进行测算,其中数据包络分析法应用最为广泛<sup>[3-6]</sup>。但对煤炭利用效率测算的相关文献的回顾中发现存在以下两个问题:一是只考虑了煤炭投入对于经济产出的影响,忽略了对环境负面的影响<sup>[7]</sup>;二是研究方法大多基于径向和角度的数据包络分析法,当存在过度投入和产出不足时,该方法对效率的测算会产生一定的偏差<sup>[8]</sup>。因此本文采用非径向、非角度的SBM-Undesirable模型对长江经济带2006—2018年间的11个省市的煤炭利用效率进行测算。在此基础上进一步采用脱钩模型考察煤炭资源与经济增

长之间的关系,以期为推动长江经济带实现可持续发展之路提供一定的参考。

## 2 研究方法数据来源

### 2.1 SBM-Undesirable 模型

为了避免径向和角度的数据包络分析法对效率值测算产生的误差,以及充分考虑煤炭使用过程中造成的环境污染等负产出,本文采用Tone提出的非径向、非角度的SBM-Undesirable模型对环境约束下煤炭利用效率值( $\theta$ )进行测算,在 $\sum_{n=1}^k \lambda_n = 1$ ,即规模报酬不变的情况下,决策单元煤炭技术效率的测算公式为:

$$\theta = \min \frac{1 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i^- / x_{i0}}{1 + \frac{1}{k_1 + k_2} (\sum_{i=1}^{k_1} s_i^g / y_{i0}^g + \sum_{i=1}^{k_2} s_i^b / y_{i0}^b)} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } x_0 = X\lambda + s^-; y_0^g = Y^g\lambda - s^g; y_0^b = Y^b\lambda - s^b, \lambda, s^-, s^g, s^b \geq 0$$

其中,  $Y^g = (y_{11}^g, y_{12}^g, \dots, y_{k_1 1}^g) \in R_+^{k_1 \times h}$  为期望产出矩阵,  $Y^b = (y_{11}^b, y_{12}^b, \dots, y_{k_2 1}^b) \in R_+^{k_2 \times h}$  为非期望产出矩阵,  $k_1$  为期望产出的种类,  $k_2$  为非期望产出的种类。  $0 \leq \theta \leq 1$ , 当且仅当  $s^- = s^g = s^b = 0$  时,  $\theta = 1$ , 此时决策单元有效。反之,决策单元存在效率损失。

### 2.2 脱钩模型

“脱钩”理论一经提出便被广泛应用于不同学科,世界银行首次将其引入资源环境领域进行分析经济增长与资源和环境之间的关系。考察脱钩关系需构建脱钩系数指标,参照关雪凌和周敏(2015)的测算方法,两个变量之间的脱钩指数可由式(2)计算得出:

$$U = \left( \frac{\Delta X}{X} \right) / \left( \frac{\Delta Y}{Y} \right) \quad (2)$$

根据Tapio计算得出的弹性系数细分为八种状态,每种脱钩状态可由表1的分类标准进行判断。

表 1 脱钩状态分类标准

脱钩分类	脱钩状态	$\Delta X/X$	$\Delta Y/Y$	U
脱钩	弱脱钩 I	$>0$	$>0$	$0 < U < 0.8$
	强脱钩 II	$<0$	$>0$	$U < 0$
	衰退脱钩 III	$<0$	$<0$	$U > 1.2$
连接	扩张连结 IV	$>0$	$>0$	$0.8 < U < 1.2$
	衰退连接 V	$<0$	$<0$	$0.8 < U < 1.2$
负脱钩	扩张负脱钩 VI	$>0$	$>0$	$U > 1.2$
	强负脱钩 VII	$>0$	$<0$	$U < 0$
	弱负脱钩 VIII	$<0$	$<0$	$0 < U < 0.8$

### 2.3 样本、变量和数据

本研究时间定为 2006—2018 年，以我国长江经济带中的上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、贵州、云南等 11 个省市为研究对象。因本研究聚焦于碳排放约束下煤炭利用对经济增长的宏观影响问题研究，因此将劳动力投入、资本存量、煤炭消费量作为投入要素。将国内生产总值作为期望产出，因煤炭的消耗过程中主要产生二氧化碳和二氧化硫，因此将两者作为非期望产出。各变量具体有如下具体界定。

(1) 劳动投入。因劳动力时间难以获取，因此采用三次产业的就业人数表示劳动力。

(2) 资本存量。此数据参照单豪杰<sup>[9]</sup>的计算方法进行手工测算。

(3) 国内生产总值。为了消除价格因素影响，以 2005 年为基期换算成实际 GDP。

(4) 二氧化碳。因二氧化碳排放量无法直接从统计年鉴中获取，本文采用国家发改委及国家标准化工作委

员会公布的单位热值含碳量和碳氧化率中的原煤二氧化碳排放系数 (1.9003) 进行计算，即二氧化碳排放量 = 原煤消费量 × 碳排放系数。本研究中，国内生产总值、劳动力投入、资本存量来自《中国统计年鉴》，二氧化硫来自《能源统计年鉴》，煤炭消费量来自于 wind 数据库。

## 3 实证结果分析

### 3.1 煤炭资源利用效率

本研究采用非期望产出的 SBM 模型对长江经济带 11 个省市的煤炭利用效率进行测算。为研究效率的演变趋势，以五年计划作为划分标准将研究区间划分为“十一五”期间 (2006—2010)、“十二五”期间 (2011—2015)、“十三五”期间 (2016—2018)。为了比对长江经济带不同流域的效率值，本文参照各省市的地域位置将其划分为长江上游城市群、长江中游城市群和下游城市群。其中上游城市群包括重庆、四川、贵州和云南；中游城市群包括江西、湖北和湖南；长江下游城市群包括上海、江苏、浙江、安徽。

### 3.2 煤炭资源利用效率分析

基于上述介绍的 SBM-Undesirable 模型测算得到各地区的煤炭利用效率值，因篇幅有限，文中只罗列出偶数年份的煤炭利用效率值，如表 2 所示。从表中可见长江经济带内的 11 个省市效率值的变化整体呈上升趋势，整体效率均值 2006 年为 0.1932，2018 年为 0.4776，年均增长率为 11.32%。上海、江苏、浙江和四川 2018 年的效率值超过了 0.5000，这些省市相对于其他省市劳动力和资本投入较大，且具有一定的技术优势，从而提升了煤炭的利用效率。各省市变化速率不尽相同，其中效率变化最慢的是云南，年均增长 7.76%；上海效率值提升最快，年均增长率为 15.30%，上海 2018 年效率值为 1，排名最靠前，煤炭利用效率最高。其余 10 省份煤炭利用

表 2 2006 年至 2018 年长江经济带 11 省市煤炭利用效率值

	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	均值	排名
上海	0.334	0.384	0.431	0.544	0.609	0.719	1.000	0.567	1
江苏	0.218	0.261	0.294	0.376	0.420	0.494	0.567	0.375	2
浙江	0.225	0.258	0.288	0.374	0.413	0.471	0.527	0.365	3
安徽	0.176	0.197	0.216	0.282	0.286	0.316	0.327	0.259	9
江西	0.176	0.205	0.225	0.307	0.327	0.375	0.405	0.289	8
湖北	0.177	0.209	0.227	0.302	0.335	0.399	0.459	0.300	7
湖南	0.201	0.231	0.247	0.325	0.346	0.402	0.449	0.314	5
重庆	0.165	0.198	0.233	0.303	0.346	0.430	0.465	0.305	6
四川	0.182	0.204	0.233	0.322	0.348	0.421	0.503	0.316	4
贵州	0.136	0.158	0.171	0.228	0.222	0.272	0.277	0.209	10
云南	0.136	0.158	0.167	0.206	0.211	0.249	0.274	0.200	11

效率总体水平不高, 表现为单位煤炭消耗产出低, 二氧化碳和二氧化硫排放高等特征, 且随着时间的推移, 这些省市与上海市效率值的差距逐渐扩大, 体现出研究区域内各省市之间的效率值存在较大差别, 整体呈现出东强西弱的特点。

除了上海外, 其余十省市在“十一五”至“十二五”期间效率提升大于“十二五”至“十三五”期间的效率值提升。从流域来看, 下游地区的效率均值为 0.3916, 中游的效率均值为 0.3008, 上游的效率均值为 0.2579。这也体现出长江经济带产业分布的特征, 首先, 以上海为代表的下游区域主导产业为高端制造业、现代服务业等, 相关产业对煤炭的消耗较低, 且相关产品和服务价值较高, 因此该区域较上、中游地区效率值更高; 其次, 长江中游地区相对于上游地区, 工业相对处于优势地位, 且呈现出“大聚集, 小分散”的特征, 形成了一定的规模效益, 从而驱动了整体效率的提升; 长江上游地区煤炭经济回报较低, 且煤炭消耗过程中产生了较多的二氧化碳和二氧化硫而造成生态环境的破坏, 因此煤炭利用效率较低。

### 3.3 脱钩分析

将孙睿<sup>[10]</sup>提出的 Tapio 指数测算改进方法考虑进来, 即将考察期间分为 2006—2010、2010—2015、2016—2018 三个阶段, 此分段依据国民经济与社会发展五年规划, 各子期间的测算以前一子期间末年为参照基期, 滚动计算期间内脱钩指数的弧弹性值。其中, X 分别为 CC (煤炭消费量)、CE (煤炭利用效率), Y 为实际 GDP, 计算可得煤炭消费的 GDP 弹性, 以  $E_{CC}$  表示; 煤炭利用效率的 GDP 弹性, 以  $E_{CE}$  表示。利用脱钩模型对长江经济带煤炭消费、煤炭利用效率和经济增长进行分析, 结

合脱钩指数分类标准得出各省市不同阶段的分类状态, 如表 3 所示。在煤炭消费的 GDP 弹性方面, “十一五”规划期间长江经济带各省市均为弱脱钩, 表明经济增长与煤炭消费同时增加, 但增长速度有所不同, 总体上经济增长的速度快于煤炭消费增长速度, 此期间上述 11 个省市经济发展仍依赖于煤炭消费。“十二五”期间能源规划曾提出要逐步以清洁能源和新能源替代传统能源, 通过对高能耗产业的环境规制和政府干预, 除江苏、安徽、江西和贵州四个省市仍为弱脱钩外, 其余 7 个省市变化为强脱钩状态, 该状态表现为经济增速为正的情况下, 相对的煤炭消费增速为负, 即保证了经济的发展而未使煤炭资源消费压力的上升, 在控制煤炭资源消费总量上取得一定成效。“十三五”期间除去江苏状态由弱脱钩转变为强脱钩和湖南由强脱钩回落到弱脱钩状态外, 相比“十二五”期间, 其余 9 省市的脱钩状态并未改变。整体上来说弱脱钩值都较小, 最大值为安徽在“十一五”阶段的 0.6592, 且“十三五”期间相比于“十一五”期间的脱钩系数都明显减少, 其中贵州和四川在“十三五”期间已临近弱脱钩边缘向强脱钩状态靠近, 表明了国家在化石能源消费和经济增长方面宏观调控政策的有效性, 各省市在追求经济效益的前提下也都较为注重化石燃料消耗的控制和产业的转型, 以求取高质量的经济发展。

煤炭利用效率的 GDP 弹性方面, “十一五”规划期间长江经济带各省市的脱钩状态均为弱脱钩, 各省市的脱钩程度较小, 表明经济增长的速度快于煤炭利用效率增长的速度; “十二五”规划期间除上海市为扩张连结状态外, 其余省市仍为弱脱钩状态, 煤炭利用效率还未存在较大的提高; “十三五”期间, 此阶段内煤炭利用效率和经济增长同时增加, 但增速的不同对应不同的 3

表 3 2006 年至 2018 年煤炭消费与利用效率的 GDP 脱钩分析结果

地区	十一五期间			十二五期间			十三五期间		
	ECC	ECE	状态	ECC	ECE	状态	ECC	ECE	状态
上海	0.153	0.630	I	-0.341	0.905	II / VI	-0.267	2.169	II / VI
江苏	0.390	0.555	I	0.202	0.568	I	-0.362	0.889	II / VI
浙江	0.587	0.504	I	-0.012	0.670	II / I	-0.048	0.747	II / I
安徽	0.695	0.381	I	0.162	0.330	I	0.370	0.349	I
江西	0.550	0.441	I	0.219	0.469	I	0.101	0.527	I
湖北	0.565	0.426	I	-0.114	0.472	II / I	-0.372	0.823	II / VI
湖南	0.317	0.355	I	-0.015	0.410	II / I	0.035	0.697	I
重庆	0.515	0.509	I	-0.051	0.537	II / I	-0.159	0.688	II / I
四川	0.392	0.432	I	-0.186	0.608	II / I	-0.604	1.017	II / VI
贵州	0.465	0.475	I	0.137	0.219	I	0.099	0.388	I
云南	0.535	0.424	I	-0.170	0.302	II / I	-0.178	0.577	II / I

注: 脱钩状态指标 / 前为  $E_{CC}$ , / 后为  $E_{CE}$

个状态：①上海市转变为扩张负连结状态，表示煤炭利用效率的速度快于经济增速的状态；②江苏湖北和四川三地由弱脱钩转化为扩张连结，煤炭利用效率与经济增速两者增速相近；③其余 7 个省市仍为弱脱钩状态。长江经济带中下游均有省市在调整经济结构和发展方式上获得成效。从整个考察阶段来看，大多省市在 2006—2018 年间煤炭利用效率和经济增长间的关系一直处于弱脱钩状态，煤炭资源利用效率仍受制于粗放式的经济发展方式，这些省市仍需再借鉴其他省市的产业转型模式。

#### 4 结语

(1) 2006—2018 年期间，长江经济带区域内的 11 个省市的煤炭利用效率整体呈改善趋势，可见“十一五”规划后我国在节能减排方面取得了一定的成绩，但效率改善有限，因此整体还处于较低水平，即存在较大的损失，截止 2018 年整体均值仅为 0.478，仍存在较大提升空间。未来应该加大生态技术创新的投入，以技术创新驱动煤炭利用效率的提升；同时也应加快产业升级，从而从源头上减少环境污染。

(2) 分区域来看，省市间改善速率存在一定差异，表现为下游区域利用效率最高，改善速率最快，其次为中游地区，最后为上游地区。中游地区和上游地区效率水平还存在巨大的提升空间，未来应着重加大对上游地区省市煤炭利用效率提升，特别是贵州和云南两地。

(3) 在以煤炭消费为主的现实状况下，长期来看，长江经济带 11 省市的煤炭资源消费与经济增长之间的脱钩状态有明显的好转态势。随着对环境问题等可持续发展问题的重视，以煤炭为主导的能源消费现状正在逐步改善，还需进一步通过产业结构的转型和生产生活等能源消费习惯的建立降低煤炭等化石燃料的消耗。

(4) 长江经济带大部分省市存在煤炭利用效率与经济增长的弱脱钩，还需在技术方面加大投入与研发精力以提高煤炭利用效率，努力向发达国家靠近，比如，在提高煤炭的选洗率方面还存在很大的发展空间，力求在经济高质量发展的同时减少资源的浪费以保证良好的生态环境。

**作者简介：**唐斌（1991.10—），男，四川成都人，硕士研究生，研究方向：产业经济学、环境经济学。

#### 【参考文献】

- [1] 魏楚, 沈满洪. 能源效率研究发展及趋势: 一个综述 [J]. 浙江大学学报 (人文社会科学版), 2009.
- [2] 汪克亮, 杨力, 杨宝臣, 等. 能源经济效率、能源环境绩效与区域经济增长 [J]. 管理科学, 2013, 26 (3): 86-99.
- [3] 谭忠富, 于超. 基于 DEA 的我国能源消费结构效率实证研究 [J]. 华东电力, 2008 (9): 1-4.
- [4] 杨正林. 中国能源效率的影响因素研究 [D]. 华中科技大学, 2009.
- [5] 宋谈岳, 张洪潮. 基于 DEA-Malmquist 的山西省煤炭资源利用效率实证研究 [J]. 中国煤炭, 2020, 46 (11): 37-41.
- [6] 李琰, 冉小佳. DEA 模型在评价煤炭企业安全效率中的应用 [J]. 数学的实践与认识, 2018, 48 (8): 75-82.
- [7] 马占新, 温秀晶. 基于面板数据的我国煤炭企业经济效率分析 [J]. 煤炭经济研究, 2010, 30 (7): 50-53.
- [8] 杨晓华, 王芳. 基于非期望 SBM 模型的能源效率和技术效率检验 [J]. 市场周刊, 2020 (2): 37-40.
- [9] 单豪杰. 中国资本存量 K 的再估算: 1952—2006 年 [J]. 数量经济技术经济研究, 2008, 25 (10): 17-31.
- [10] 孙睿. Tapio 脱钩指数测算方法的改进及其应用 [J]. 技术经济与管理研究, 2014 (8): 7-11.
- [11] 张宏武. 中国产业低碳发展及其影响因素的脱钩研究 [J]. 环境科学与管理, 2019, 44 (9): 164-168.
- [12] 关雪凌, 周敏. 城镇化进程中经济增长与能源消费的脱钩分析 [J]. 经济问题探索, 2015 (4): 88-93.