

Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2023.02.002

欢迎按以下格式引用:钟业喜,吕科可.长江经济带城市投入产出效率空间格局及影响因素分析[J].重庆大学学报(社会科学版),2023(2):1-15. Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2023.02.002.



Citation Format: ZHONG Yexi, LYU Keke. Spatial pattern and influencing factors of urban input-output efficiency in the Yangtze River Economic Belt [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2023(2):1-15. Doi: 10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2023.02.002.

长江经济带城市投入产出效率 空间格局及影响因素分析

钟业喜,吕科可

(江西师范大学 地理与环境学院/区域发展研究院,江西 南昌 330022)

摘要:科学评价经济活动的投入产出效率,对推动区域经济建设和生态文明均衡发展具有重要意义。基于投入产出分析框架,文章以2003—2018年长江经济带108个地级及以上城市为研究对象,采用Super-EBM模型测算其经济与生态效率,以Kernel密度估计等分析其时空格局,采用网络两阶段模型测算其资源与环境效率,以Dagum基尼系数进一步考察其区域差异及其来源,最后以面板Tobit模型实证分析影响因素的驱动差异。研究显示:长江经济带经济与生态效率均呈现先降后升的变化特征,且下游、中游、上游效率水平递减的分异特征显著,效率分布均存在“单峰”和“双峰”分布交替变化特征,环境压力对城市投入产出效率的影响不一;资源效率与经济效率总体相近,环境效率呈“长期微弱下降—短期急剧上升”的变动态势,资源与环境效率主要区域差异来源均为超变密度,区域间差异次之;经济发展和创新能力对投入产出效率提升呈一定的正向效应,产业结构和对外开放则呈显著负效应,金融发展和财政支出对资源效率呈负效应,对环境效率则呈正向效应,各影响因子对上中下游的驱动作用存在显著异质性。在研究基础上提出建立合作共识、推动绿色转型、实施创新发展、扩大绿色金融、调整政府干预、规范外资引入等提升区域投入产出效率的措施建议。

关键词:长江经济带;投入产出效率;Super-EBM模型;网络两阶段模型;空间格局;面板Tobit模型
中图分类号:F127;F224 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2023)02-0001-15

引言

长江经济带横跨我国东中西三大区域,资源丰富,产业发达,当前经济总量占全国44%以上,是我国综合实力最强、战略支撑作用最大的区域之一。伴随经济发展,长江经济带城市化、工业化对

基金项目:国家自然科学基金项目(41961043)

作者简介:钟业喜,江西师范大学地理与环境学院教授,博士研究生导师,Email:zhongyexi@126.com。

沿江生态环境的压力日趋增加,《长江经济带生态环境保护规划》指出长江沿线污染排放总量大、强度高,传统的粗放型发展方式仍在持续,生态环境保护形势严峻。为保护长江生态,促进与经济的协调发展,党的十九大报告明确提出以“共抓大保护、不搞大开发为导向推动长江经济带发展为导向推动长江经济带发展”。2016年《长江经济带发展规划纲要》强调,长江经济带发展必须坚持“生态优先、绿色发展”的战略定位。2020年习近平总书记进一步指出,要坚定不移贯彻新发展理念,推动长江经济带高质量发展,使长江经济带成为我国生态优先绿色发展主战场、畅通国内国际双循环主动脉、引领经济高质量发展主力军。因此,实现经济建设与生态文明的协调发展已成为长江经济带经济建设与实现可持续发展的必然要求。在此背景下,科学评价区域经济活动的投入产出效率,并关注经济活动对生态环境的影响,对推动长江经济带经济实现转型发展具有重要意义。

关于区域投入产出效率分析,学术界已有大量富有成效的研究,研究内容包括效率核算方法、评价体系构建、区域效率时序演变特征及空间分异等,从不同研究视角、尺度、领域等构建效率评价体系,多基于数据包络分析模型(DEA)和随机前沿生产函数(SFA)进行效率评价,研究视角主要包括:其一,经济发展视角下的经济效率(或称资源生产率),主要用于衡量一定的投入与产出的关系,以最少投入实现最大的产出时经济效率最高^[1]。国内外区域经济效率研究以国家^[2-3]、省域^[4]、城市群^[5]等对象为主,重点关注区域经济效率的时空演变特征,如李郇等以中国202个地级及以上城市为对象,测评发现1990—2000年间中国城市经济效率较低,且规模效率是影响中国城市效率空间格局和时空变化的主要因素^[3]。其二,随着环境因素在投入产出研究框架中地位的提高,单纯的经济发展视角已无法满足研究需要,逐步扩展到考虑资源环境因素和社会经济因素视角下的全要素投入产出效率分析^[6]。为实现经济效益和环境效益的双重考量,德国学者Schaltegger和Sturm^[7]提出“生态效率”概念,认为生态效率是“增加的价值与增加的环境影响的比值”,该概念于1996年首次引入我国^[8]。国外区域生态效率的研究多以国家尺度展开^[9-10],国内学者则做了大量区域生态效率相关研究,既包含环境约束下经济活动绩效总体评价,也包含结合旅游^[11]、能源^[12]、农业^[13]、工业^[14]等的主题研究,研究尺度包括全国^[13-14]、经济带^[15]、城市群^[16]、省域^[17]等,相关区域研究多以结合时空分析方法重点探索区域效率的时空分异特征,如郑德凤等发现2000—2015年中国大陆生态效率水平呈下降趋势,且东部地区效率水平较高^[18];部分研究关注影响区域效率的关键驱动因素,李强和高楠发现科技创新显著提高了长江经济带生态效率,但经济增长却降低了城市生态效率^[19]。

现有文献对区域投入产出效率做了丰富的研究,但仍存在一定的局限性:一是传统投入产出DEA模型在处理面板数据时将每个时期构造的前沿面看作是相互独立的,使得效率测度结果具有跨期不可比性,且传统DEA模型不考虑或者过度考虑松弛变量而导致测算结果偏离实际;二是区域投入产出效率评价大多从单效率角度进行分析,经济效率忽略了环境要素影响,生态效率尽管综合考量了经济活动的经济效益和环境压力,但无法了解加入环境压力对区域投入产出效率的影响;最后,由于DEA模型通常将投入产出过程看作一个“黑箱”,忽视系统内部的具体运作过程,这在将环境压力加入投入产出框架后更为明显,由于缺乏对生态经济系统内部不同过程的驱动研究,无法解决效率提升的关键问题,使得对投入产出效率提升的路径探索尚有不足。鉴于此,本文选择长江经济带城市为研究对象,首先,科学构建投入产出效率的评价体系,采用全局参比的Super-EBM模型使测算结果更加准确并实现跨期可比,综合使用传统效率模型、非期望效率模型以及网络两阶段

DEA 模型,以多模型多视角科学测度区域投入产出效率;其次,运用多种计量分析方法对长江经济带投入产出效率的时空差异进行分析,讨论城市投入产出效率水平的时空差异;最后,在打开效率系统分析“黑箱”的前提下,利用面板 Tobit 回归模型探究影响系统不同阶段效率的关键因素,为推动长江经济带实现高效绿色发展提供政策建议。

本文可能的边际贡献如下:首先,以传统效率模型测算区域城市经济效率与生态效率,对比分析不同模型下的城市效率水平差异,分析不同城市经济效益水平和生态效益水平,初步分析在原有投入产出框架下加入环境压力对不同城市投入产出效率水平的影响;其次,鉴于当前生态效率分析的“黑箱”问题,将经济效益和环境压力的产出过程作合理区分,以进一步直观展现城市资源效率与环境效率的水平差异,并在此基础上探索提升城市生态效率的有效路径。

一、研究方法数据来源

(一) 研究方法

1. 效率测度模型

(1) Super-EBM 模型。

数据包络方法(Data Envelopment Analysis, DEA)是常见的投入产出效率测度方法, Tone 和 Tsutsui^[20]提出兼容径向(CCR)与非径向(SBM)混合距离函数的 EBM 模型,能够消除因考虑单一距离函数导致的测算结果偏误。为综合考量城市投入产出效率,本文首先在不考虑非期望产出前提下使用传统 Super-EBM 模型测度城市经济效率,随后在此基础上纳入污染指标作为约束条件,构建包含非期望产出的 Super-EBM 模型以测算生态效率,以探究非期望产出约束对城市投入产出效率水平的影响,仅列出包含非期望产出的模型为:

$$\begin{cases}
 \sum_{j=1}^n x_{ij}\lambda_j + s_i^- = \theta x_{i0} \\
 \sum_{j=1}^n y_{rj}\lambda_j - s_r^+ = \varphi y_{r0} \\
 \sum_{j=1}^n u_{pj}\lambda_j + s_p^- = \varphi u_{p0} \\
 \lambda_j \geq 0; s_i^-, s_r^+, s_p^- \geq 0 \\
 r^* = \min \frac{\theta - \varepsilon^- \sum_{i=1}^m \frac{w_i^- s_i^-}{x_{i0}}}{\psi + \varepsilon^+ \left(\sum_{r=1}^s \frac{w_r^+ s_r^+}{y_{r0}} + \sum_{p=1}^q \frac{w_p^- s_p^-}{y_{p0}} \right)} \\
 i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, s; p = 1, 2, \dots, q
 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中: r^* 为模型测算的最有效率值, x_{i0} 、 y_{r0} 、 u_{p0} 分别为 DMU₀ 的投入、期望产出和非期望产出; s_i^- 、 s_r^+ 、 s_p^- 分别表示投入松弛、期望产出松弛和非期望产出松弛; w_i^- 、 w_r^+ 、 w_p^- 表示各项投入指标、期望产出和非期望产出的权重; θ 是径向条件下的效率值,可以通过计算得到; ε 是 Super-EBM 模型中代表非径向部分重要程度的核心参数,其取值范围为 $[0, 1]$ 。当 $\varepsilon = 0$ 时,EBM 模型相当于 CCR 模型;当 $\theta = \varepsilon = 0$ 时,EBM 模型变为 SBM 模型。

(2) 网络两阶段 DEA 模型。

为尝试打开城市投入产出过程的“黑箱”,参考现有研究^[6],将城市投入产出系统划分为经济社会效益产出阶段和环境压力产出阶段两个阶段(图1),以经济社会效益产出为中间变量,中间变量既是阶段1过程的产出,同时又是阶段2过程的投入,其中阶段1以资源消耗为投入,表现为经济社会效益产出阶段的资源效率,阶段2以环境压力为非期望产出,表现为环境压力产出阶段的环境效率,以网络两阶段 Super-NEBM 模型^[21]进行两阶段效率分解。



图1 网络两阶段 DEA 模型示意图

2. 时空分析方法

(1) Kernel 密度估计。Kernel 密度估计是由 Rosenblatt 和 Parzen 提出的一种非参数检验方法,主要被运用于空间非均衡分布的研究,通过连续的密度曲线描述变量的分布动态演进,进而反映其分布的位置、形态和延展性等^[22]。本文使用高斯核密度函数^[23]对长江经济带投入产出效率进行估计,其分布位置反映城市投入产出的效率水平,波峰则反映效率极化的趋势。

(2) Dagum 基尼系数。Dagum 基尼系数可反映总体差异,并将总体差异分解为区域内差异贡献、区域间差异贡献和超变密度贡献,该系数可反映长江经济带城市投入产出效率的空间差异,讨论长江经济带上中下游地区内部差异、地区间差异以及各地区交叉重叠对总体效率差异的贡献率大小,揭示投入产出效率空间差异的主要来源,具体公式见刘华军和赵浩^[24]。

3. 面板 Tobit 模型

由于长江经济带城市投入产出效率范围均在 0 以上,若采用普通最小二乘法进行回归分析,参数估计结果将有偏且不一致。为进一步考察长江经济带城市投入产出效率的驱动因素,采用受限因变量的面板 Tobit 模型^[25]进行回归分析,其具体模型如下:

$$Y = \begin{cases} Y_i^t = \beta_0 + \beta_j X_i^t + \varepsilon_i^t, Y_i^t > 0 \\ 0, Y_i^t \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式(2)中: Y_i^t 为因变量; X_i^t 为自变量; β_0 为常数项, β_j 为待估参数 ($j = 1, 2, \dots$); ε_i^t 为误差项。

(二) 指标选取与数据来源

1. 投入产出指标

借鉴已有相关研究^[15,19,26],构建包含资源投入、经济社会效益产出和环境污染在内的投入产出框架。选取的投入指标包括城市固定资产存量、科学技术投入、劳动力、水资源、能源和土地。城市固定资产存量的计算参照单豪杰^[27]的做法,采取永续存盘法进行计算,计算公式为: $K_{i,t} = (1 - \delta)K_{i,t-1} + I_{i,t}$ 、 $K_0 = I_0 / (g_i + \delta)$,其中 $K_{i,t}$ 和 $K_{i,t-1}$ 是 i 城市在 t 年和 $t-1$ 年的资本存量, $I_{i,t}$ 是以不变价衡量的 i 城市在 t 年全社会固定资产实际投资, δ 为固定资产折旧率,本文取 10.96%, K_0 是基期资本存量, I_0 是基期全社会固定资产实际投资, g_i 为 i 城市在研究期内实际固定资产投资额的几何平均增长率。科学技术投入以财政支出中科学技术支出部分表征,劳动力投入以个体从业人员、城镇私营与单位从业人员的汇总数据表征,采用全社会供水量、全社会用电量和城市建设用地面积分别表征水资源、能源和土地资源投入。选取的产出指标包括期望和非期望产出,以地区生产总值、

财政收入和社会消费品零售总额表征经济社会效益,非期望产出以工业二氧化硫、工业废水和工业烟尘排放量表征。科学技术支出、地区生产总值和财政收入均以 GDP 指数平减,全社会固定资产投资以固定资产投资价格指数平减,社会消费品零售总额以商品零售价格指数平减。

2. 影响因子指标

借鉴已有研究文献成果^[19,28],选取以下几类影响因素:(1)经济发展水平(PGDP)。以2003年为基期平减的各市人均GDP来衡量经济发展水平。(2)产业结构(ST)。以第二产业增加值与GDP的比值表示。(3)金融发展(FI)。以各市年末金融机构人民币各项存贷款余额与GDP的比值表示。(4)财政投入(GO)。以各市财政支出与GDP的比值表示。(5)对外开放(OP)。以各市实际使用外资额与GDP的比值表示。(6)创新能力(IN)。以各市专利授权量表示,考虑创新影响的滞后性,滞后两期加入回归模型。

3. 数据来源

为保证面板数据的平衡性,剔除研究期内出现行政区划变动的巢湖、铜仁和毕节3市,最终选择长江经济带108个地级及以上城市为研究对象,数据主要来自2004—2019年《中国城市统计年鉴》及各省市统计年鉴,部分地级市GDP平减指数、人均GDP平减指数、固定资产投资价格指数及商品零售价格指数缺失严重,以各省相关指数替代,部分指标缺失值通过插值法和几何增长率法等进行合理补全。

二、实证结果与分析

(一) 城市经济效率和生态效率的时空格局及其演变

1. 城市经济效率和生态效率的基本格局

本文采用全局参比的传统和非期望 Super-EBM 模型测算出长江经济带 108 个城市的经济效率与生态效率(图 2)。总体上,长江经济带经济效率与生态效率水平分别介于 0.753~0.884 和 0.772~0.897 之间,均呈先降后升的“U”形变化趋势,总体效率水平均有所下降。2003 年始,长江经济带经济效率与生态效率均快速下降,以要素集聚为主要驱动手段的发展模式难以为继,伴随成本上升、资源浪费与环境恶化,经济效率在 2007 年达到最低点,随后表现为较为稳定的上升态势,生态效率则持续波动下降并于 2013 年达到最低点,随后逐渐上升,上升态势较同期经济效率更为明显。分区域看,各区域效率变动与总体相近,下游地区城市经济效率与生态效率水平均大幅领先中上游地区。下游地区有着良好的经济基础,其经济发展方式与资源配置能力均有利于其实现较高效率水平的经济发展,同时作为我国实施创新驱动发展和生态文明建设的核心地区,其生态效率也相对较高;研究初期中游地区经济效率水平一直略高于上游地区,作为承接下游地区产业转移的主要区域,2011 年后中游地区经济效率快速上升,并迅速拉开了与上游地区的效率差距,但在 2015 年后随着产业结构深入调整出现了一定程度的下滑,同时中游地区生态效率长时间处于较低水平,2012 年后伴随经济效率的大幅提升以及生态文明战略的深入实施,生态效率得到有效提升;主要受区位条件和资源禀赋的影响,上游地区经济效率相对较低且长期未能有效提升,但依托良好的生态环境基础,在 2014 年后实现了生态效率的提升。

2. 城市经济效率和生态效率分布动态演进特征

为进一步探索长江经济带城市经济与生态效率的时间变动特征及其差异,运用 Stata16.0 软件,采用高斯 Kernel 密度函数对 2003、2008、2013 和 2018 年长江经济带城市经济与生态效率进行估计,

并生成核密度曲线(图3),以反映区域城市经济与生态效率的总体演进特征。总体上看,在4个时间截面上长江经济带城市经济与生态效率的核密度曲线大致相似,主要呈现“单峰”和“双峰”两种分布形态交替演变趋势。2003年总体效率处于较高水平,经济与生态效率均在效率值1左右出现极高的单峰状分布,伴随效率水平的迅速下降,至2008年均呈较明显的“M”型双峰分布,主峰均位于效率值0.7左右,副峰则位于1.0左右。随着效率分化逐渐消弭,2013年均效率值0.8左右出现较宽的单峰分布。随着效率水平的逐渐提高,2018年再次呈现与2008年相似的“M”型双峰分布,但主峰位于1.0左右,副峰则位于0.7左右。值得注意的是,经济效率与生态效率在2003、2008和2018年均效率1左右存在峰状分布,但生态效率峰高均相对较低,说明环境压力对城市投入产出效率的高值区存在一定的“削峰”效应,即生态效率水平相对较高的城市数量相对经济效率要少。

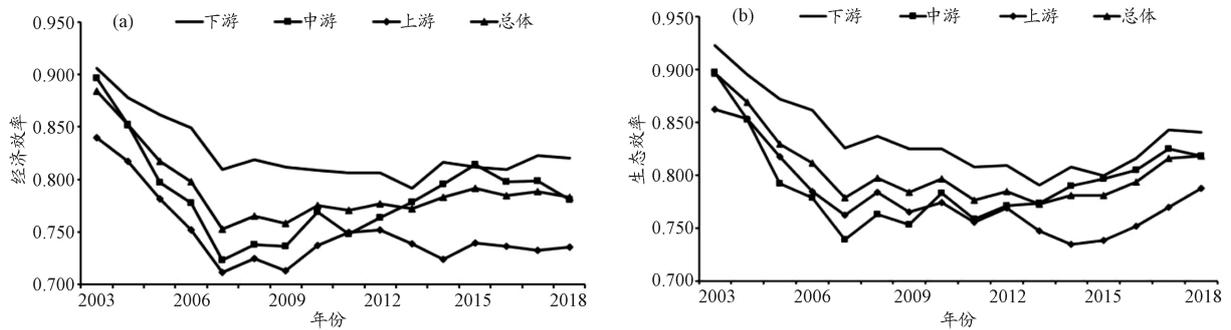


图2 2003—2018年长江经济带城市经济效率与生态效率

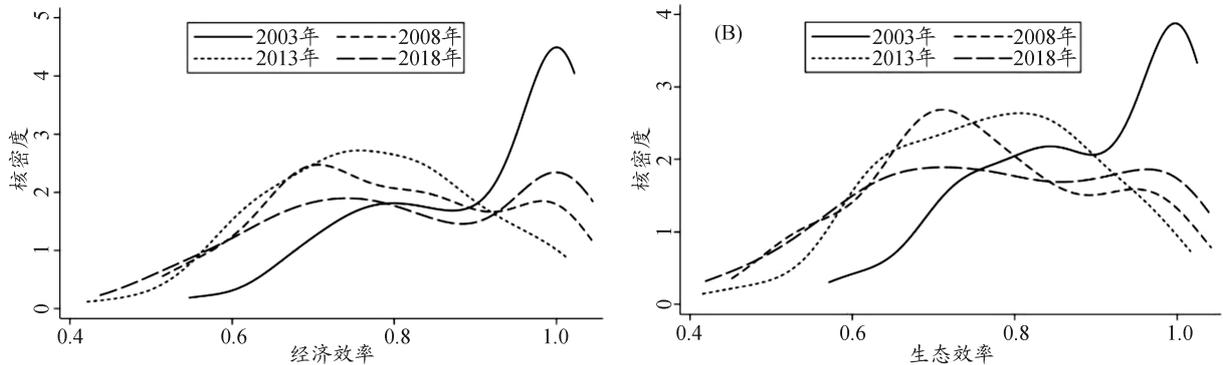


图3 长江经济带城市经济与生态效率分布动态演进

3. 环境要素制约下的城市投入产出效率变动

从城市个体角度对效率差异进行分析,以反映加入环境压力对不同城市效率水平的影响。由于不同效率模型效率值具有不可比性,因此分别对城市经济效率与生态效率的效率值进行排名,对比发现加入环境压力对不同城市效率水平存在一定的影响。经计算,研究期内环境压力的加入使长江经济带各城市排名平均变动7.296个位次,上中下游城市排名平均变动数分别为9.649、6.628和6.103个,且总体上上游地区表现为效率水平上升(排名上升3.044个),中下游分别表现为不同程度的效率水平下降(排名分别下降1.340和1.125个),这说明上游地区环境效益相对较好,实现了投入产出效率水平的相对提升,在不考虑环境约束时上游地区城市投入产出效率水平有一定的低估,反而中下游环境效益相比上游地区相对较差,中游地区尤为明显。

总体上经济效率排名较高(低)的城市生态效率排名也往往较高(低),出现“双高”和“双低”的同步现象,说明环境约束对部分城市投入产出效率水平的影响较小,另以全局空间自相关发现研究

期内城市经济与生态效率 Moran's I 指数均为正且绝大部分年份通过显著性检验,这说明总体上城市效率确实存在较强的空间集聚效应,“双高”城市相对集中于下游地区,如上海、台州、金华、温州、常德、无锡等市,“双低”城市多集中于中上游地区,如六盘水、贵阳、攀枝花、淮北、广元、九江、景德镇等市。研究期内经济效率与生态效率高值区与低值区相对恒定,“马太效应”特征显著,城市经济效率和生态效率与城市自身的资源禀赋、发展模式和经济区位等有很大关联。如长三角地区有着良好的区位条件和先发优势,能够实现经济发展的高效运行,同时又能够凭借经济优势发展高新技术带动传统工业实施转型发展,使经济活动对环境的影响大幅减小;上游地区攀枝花、六盘水等市,作为我国钢铁、煤炭工业基地,长期受制于“资源陷阱”,城市产业转型困难且生产效率较低,加之严重的工业污染,导致其经济与生态效率均处于较低水平。部分城市在考虑环境压力后效率排名出现显著上升,如丽江、遵义、张家界、雅安、遂宁等市,该类型城市多为上游地区城市,说明上游地区部分城市尽管经济效率水平不高,但同时经济发展对环境压力较小,城市生态效率水平反而相对较高;同时也出现诸如乐山、重庆、抚州、黄石等中上游城市经济效率不高,生态效率水平更低的情况,低经济效率向生态效率恶性传导的发展效应显著。

(二) 城市资源效率与环境效率的时空格局及其空间差异

1. 城市资源效率和环境效率的基本格局

基于前文不难看出加入环境压力对原有城市投入产出效率水平存在一定的影响,为进一步分析经济社会效益产出阶段和环境压力产出阶段在投入产出效率分析框架中的具体效率水平,利用网络两阶段 Super-NEBM 模型,测算得到资源效率和环境效率,以进一步分析城市投入产出过程中的效率短板(图4)。

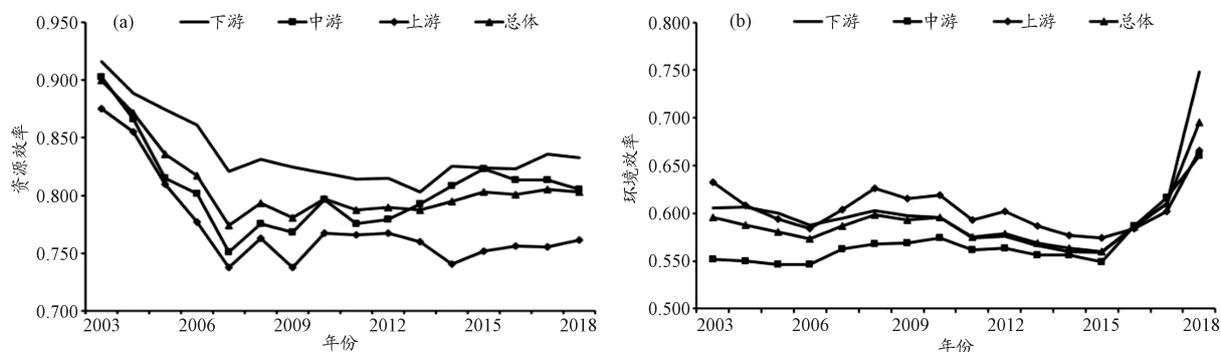


图4 2003—2018年长江经济带城市资源效率与环境效率

总体上,长江经济带城市资源效率和环境效率分别介于0.774~0.900和0.560~0.695之间,总体上环境效率水平低于资源效率水平,说明环境压力产出阶段的效率水平较低是造成整体生态经济系统效率损失的主要原因。资源效率总体及各区域变动情况与经济效率变动相近,因此不再赘述。总体上,长江经济带城市环境效率总体水平不高,且呈现出一定的效率水平趋同现象,2003—2015年总体呈微弱波动下降趋势,这一阶段长江经济带整体环境效率水平处于较低水平,随着“共抓大保护、不搞大开发”的战略定位不断深入,对长江经济带生态保护的不断加强,2015年后环境效率大幅度上升。从分区域看,各区域环境效率总体水平差距不大,上游地区较高,下游地区次之,中游地区则相对较低;上游地区有着较好的生态环境基础,且工业化水平整体不高,经济活动对环境的影响还较小;中游地区工业化程度较高,且长期以重工业化发展作为主要发展方式,工业发展对

环境的压力相对较大,因此其环境效率相对较低;下游地区第二产业占经济总体比重不断下降,同时新型工业化发展迅速,工业生产过程产生的环境压力相对中游地区要小。

2. 城市资源效率和环境效率的空间差异及其来源

利用 Dagum 基尼系数及其分解进一步揭示长江经济带资源效率与环境效率的空间差异及其差异来源(图 5)。总体上看,长江经济带城市资源效率基尼系数大致呈“初期快速上升—中期缓慢下降—末期快速上升”的三阶段变化态势。研究初期资源效率基尼系数从 2003 年的 0.076 增长至 2008 年的 0.111。随着资源效率进入缓慢上升阶段,基尼系数呈微弱波动下降的趋势,2008—2015 年城市资源效率基尼系数年均下降 1.86%,这说明在该时间段内长江经济带城市间经济协同发展取得了一定的成效。但研究期末效率差异又出现了显著的增长。城市环境效率总体基尼系数变动趋势与其效率变动趋势相近,2015 年前基尼系数处于较低水平,年均系数仅为 0.059,且呈微弱波动下降的趋势,年均下降 4.44%;2015 年后随着部分城市深入推进实施生态文明战略,伴随环境效率的迅速提升,城市间的效率差异反而扩大,2018 年基尼系数已达 0.173。

分地区来看,各区域城市资源效率与环境效率的区域内差异变化与总体趋势相近,但上、中、下游不同区域内差异仍较为明显。从资源效率看,上游地区城市间差异大于中下游,上游地区城市经济基础和资源禀赋差异显著,不同城市间的资源效率水平差异较大;2003—2010 年,中游地区城市间差异大于下游地区,但 2011 年后下游地区差异反而大于中游地区。从环境效率看,上游地区尽管整体环境效率较高,但城市间差异同样高于中下游地区,主要是部分资源型工业城市环境效率不佳;下游地区次之;中游地区最小。资源与环境效率区域间差异变动均与总体差异相近,下游与中游的资源与环境效率地区间差异较小,中游与上游、下游与上游差异相对较大。

从效率差异的贡献来源看,资源与环境效率差异的主要来源均为超变密度,这表明城市发展中存在的交叉重叠问题是造成效率差异的主要原因,其中资源效率尤为显著,达 50%左右。资源与环境效率区域内差异贡献均在 30%左右,保持长期稳定且略大于区域间差异。资源效率超变密度和区域间差异贡献总体上存在一定的波动但总体变动不大,环境效率超变密度贡献波动上升,区域间差异贡献则波动下降。

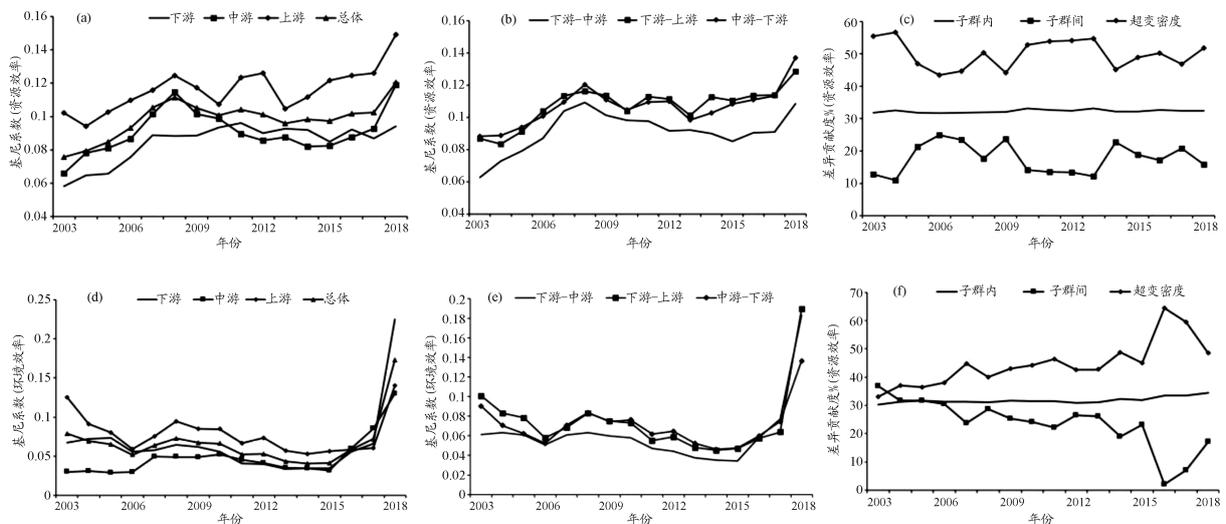


图 5 2003—2018 年长江经济带城市资源与环境效率空间差异

(三) 城市投入产出效率影响因素的实证研究

1. 模型构建与实证结果

为进一步探索城市投入产出效率的驱动因素,选择面板 Tobit 回归模型对长江经济带全域及上中下游资源效率与环境效率的影响因素进行分析。在进行回归之前,为保证数据的平稳性以削弱异方差对估计结果的影响,对人均 GDP 和专利授权量做对数化处理,同时对各检验模型进行共线性检验,各模型变量均通过方差膨胀因子法检验,VIF 均值均小于 4,各变量 VIF 值均不大于 5,能够进行面板 Tobit 模型分析。基于 Tobit 回归模型和各项指标,建立以下回归模型:

$$EFF_i^t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln PGDP_i^t + \alpha_2 ST_i^t + \alpha_3 FI_i^t + \alpha_4 GO_i^t + \alpha_5 OP_i^t + \alpha_6 \ln IN_i^t + \chi_i^t \quad (3)$$

$$ENEFF_i^t = \beta_0 + \beta_1 \ln PGDP_i^t + \beta_2 ST_i^t + \beta_3 FI_i^t + \beta_4 GO_i^t + \beta_5 OP_i^t + \beta_6 \ln IN_i^t + \varepsilon_i^t \quad (4)$$

式(3)和式(4)中:EFF、ENEFF 分别为网络两阶段 DEA 模型测算得到的城市资源效率和环境效率测度值; i 表示地区; t 表示年份; α_0 和 β_0 为常数项, $\alpha_1, \dots, \alpha_6$ 和 β_1, \dots, β_6 为各自变量的待估参数; χ_i^t 和 ε_i^t 为误差项。

应用 Stata16.0 软件进行模型回归(表 1),根据各回归模型沃尔德卡方检验(Wald chi²)及其 P 值(Prob>chi²)、对数似然值(Log likelihood)可知,基于长江经济带全域及其上、中、下游城市样本的各回归模型总体上均显著。

表 1 长江经济带城市资源效率与环境效率面板回归结果

变量	上游		中游		下游		全域	
	EFF	ENEFF	EFF	ENEFF	EFF	ENEFF	EFF	ENEFF
lnPGDP	0.042 (1.37)	0.004 (0.18)	-0.049** (-2.46)	0.076*** (5.08)	0.097*** (8.74)	0.055** (2.41)	0.077*** (8.11)	0.053*** (4.58)
ST	-0.390*** (-3.65)	-0.066 (-0.82)	-0.322*** (-4.42)	-0.326*** (-5.97)	-0.667*** (-10.68)	-0.665*** (-5.16)	-0.504*** (-11.76)	-0.321*** (-6.19)
FI	-0.051*** (-4.72)	0.019** (2.37)	0.011 (0.99)	0.033*** (3.78)	-0.001 (-0.20)	0.032** (2.37)	-0.020*** (-4.34)	0.025*** (4.31)
GO	-0.297*** (-3.93)	0.020 (0.36)	-1.174*** (-10.68)	0.141* (1.72)	-0.388*** (-6.31)	0.018 (0.14)	-0.370*** (-8.69)	0.0932* (1.81)
OP	-0.673 (-0.85)	-0.944 (-1.59)	-2.084*** (-6.72)	-0.597** (-2.57)	0.283 (1.46)	0.305 (0.76)	-0.680*** (-4.14)	-0.567*** (-2.85)
lnIN	0.017*** (2.77)	-0.004 (-0.87)	0.040*** (6.53)	-0.003 (-0.78)	0.001 (0.42)	-0.003 (-0.59)	0.009*** (3.67)	-0.004 (-1.29)
cons	0.680*** (2.99)	0.579*** (3.39)	1.397*** (9.05)	-0.018 (-0.16)	0.271*** (3.24)	0.330* (1.91)	0.398*** (5.53)	0.225*** (2.58)
N	496	496	576	576	656	656	1 728	1 728
Wald chi ² (6)	61.18	14.36	192.61	100.43	288.12	62.78	389.66	128.05
Prod>chi ²	0.000 0	0.025 9	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
Log likelihood	219.329	360.536	433.501	600.899	556.534	81.078	1 084.787	757.215

注:1. *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著;2. 括号内为 t 值。

2. 回归结果分析

总体上看,经济发展对城市资源效率和环境效率的提升均具有显著支撑作用,这说明从整体看经济发展水平的提高能有效提升资源和环境效率,经济发展提高了人们对物质需求和环境质量的期望,推动资源优化配置和社会生产效率提升,并对低碳行为、环境规制和企业污染排放提出了更高的要求,从而提高了环境效率。创新能力的增强对资源效率提升影响较为显著,但创新能力提高并未实现对环境效率的有效支撑,创新能够减少经济活动对各项资源的需求,提高资源生产率,但由于研发成本的存在,创新产出更多以提高生产力为导向,使生产规模扩大的同时污染排放也相应增加。产业结构、对外开放对城市资源和环境效率的提升均存在显著负面效应,在较长时间内长江经济带经济发展以第二产业为主导,同时工业领域尤其是传统工业成为国际低端外资的主要目的地,尽管这对经济发展总体有利且推动经济实现了较快发展,但“高投入、高能耗、高污染”的发展形式不仅经济效益低下,亦对生态安全形成巨大压力。金融发展和财政投入对资源效率的提升呈现显著负面影响,金融体系发展与金融规模的迅速扩大不相适应,反而因降低了市场的必要流动性而形成了一定的负面效应,同时资本的逐利行为往往导致资金局部过度集中;政府财政对市场过度干预可能影响市场经济环境下的合理资源调配,造成资源分配失衡。金融发展和财政投入对环境效率的提升较为显著,金融发展有助于拓宽企业资金获得的渠道,有助于企业实现产业转型,尤其是绿色金融规模的不断扩大,有效降低了企业生产对环境的压力;政府财政直接参与生态保护工作,实施更为严格的企业排污监管和更为有效的环境治理,以及实施政府主导下的地方产业战略转型,在一定程度上推动了区域环境效率的提升。

分区域看,不同驱动因子对各区域资源效率、环境效率的影响具有显著异质性。伴随经济水平的提高,仅下游地区资源效率与环境效率有显著提升,而中游地区环境效率提升的同时资源效率反而出现显著下降,可能的原因是中游地区为实现环境压力的减负,在一定程度上牺牲了自身发展效益。第二产业作为资源消耗和环境压力的主要来源,对各区域效率提升均存在一定的负面效应,仅对上游地区环境效率不显著,概因其产业发展相对滞后,包括重化工和建筑业等在内的污染性工业规模较小。金融发展对各区域环境效率的提升均较为显著,金融规模的扩大推动经济转型发展,尤其绿色金融规模的不断扩大,促进了资源节约型和环境友好型产业的发展,但金融发展对资源效率的支撑不足,在上游地区更是表现为显著负面效应,上游地区较差的经济环境和产业基础使企业较难盈利,加之资本的逐利性,金融发展反而导致本地资本过度流失,对地区产业发展产生不利影响。政府财政的干预活动仍对资源效率提升存在普遍的负面影响,政府财政的使用多以地方战略为导向,容易出现过度使用和重复建设现象,导致整体效率下降,且政府财政对各区域环境效率的支撑还不明显,在中游地区存在一定的推动作用,说明政府对环境保护的直接介入对中游地区的环境效益改善有较显著作用。外资流入仅对中游地区的效率水平产生负面影响;上游地区的外资规模还较小,其流入对区域效率影响不大;下游地区效率水平较高,区域资金充足且来源多样化,尽管外资引入规模较大,但对区域整体的影响较小;中游地区引进外资的目的地以工业化为主,加之长期以来对外资监管缺位,导致不良外资的使用造成了地区效率的损失。科技创新是第一生产力,在中上游地区有效推动了资源效率的提升,说明科技发展有效提升了资源生产率,但对下游地区资源效率却并未表现出科技创新的应有正向作用,可能的原因是尽管下游地区科技水平相对较高,但科技发展形成的低成本效应导致资本、人才、资源的过度集中,反而不利于整体资源效率提升,同时科技发

展对各区域环境效率优化均未形成有力支撑,科技对环境保护支撑不足的现象普遍存在。

3. 内生性和稳健性检验

以上计量模型可能存在一定的内生性问题,其主要问题是解释变量与被解释变量的反因果关系,如经济发展水平的提高会提高城市资源效率,但城市资源效率的提升又会反过来促进经济发展水平的提高,将解释变量滞后一期进行内生性检验(前文已对创新能力滞后两期处理,此处不再做滞后处理),能够在一定程度上避免因反向因果导致的内生性问题,结果(表2)显示除少数结果显著性水平发生变化外,整体回归结果与前文保持一致,说明前文主回归结果总体上是可靠的。

表2 内生性检验结果

变量	上游		中游		下游		全域	
	EFF	ENEFF	EFF	ENEFF	EFF	ENEFF	EFF	ENEFF
lnPGDP	0.048 (1.52)	-0.001 (-0.07)	-0.029 (-1.35)	0.089*** (5.61)	0.090*** (7.82)	0.055** (2.23)	0.077*** (7.81)	0.054*** (4.43)
ST	-0.398*** (-3.60)	-0.016 (-0.20)	-0.344*** (-4.46)	-0.363*** (-6.25)	-0.675*** (-10.68)	-0.703*** (-5.16)	-0.497*** (-11.35)	-0.324*** (-6.00)
FI	-0.056*** (-5.07)	0.021*** (2.62)	0.006 (0.49)	0.035*** (3.76)	-0.000 (-0.05)	0.034** (2.42)	-0.024*** (-4.94)	0.025*** (4.18)
GO	-0.240*** (-3.13)	0.025 (0.46)	-0.962*** (-8.16)	0.227** (2.56)	-0.378*** (-6.12)	0.027 (0.21)	-0.308*** (-7.09)	0.106** (1.97)
OP	-0.919 (-1.13)	-0.919 (-1.59)	-2.073*** (-6.39)	-0.662*** (-2.71)	0.314 (1.61)	0.394 (0.94)	-0.746*** (-4.46)	-0.564*** (-2.73)
lnIN	0.023*** (3.68)	-0.002 (-0.39)	0.041*** (6.45)	-0.005 (-1.05)	0.007** (2.40)	-0.001 (-0.17)	0.015*** (5.80)	-0.002 (-0.65)
cons	0.591** (2.55)	0.588*** (3.57)	1.173*** (7.25)	-0.120 (-0.99)	0.295*** (3.45)	0.327* (1.77)	0.355*** (4.80)	0.205** (2.24)
N	465	465	540	540	615	615	1620	1620
Wald chi ² (6)	58.51	13.35	161.12	104.45	291.83	64.32	377.70	127.28
Prod>chi ²	0.000 0	0.037 8	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
Log likelihood	212.684	371.489	400.851	554.201	533.116	61.317	1 034.278	692.332

注:1. *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著;2. 括号内为 t 值。

考虑到现有研究更多以传统和非期望效率模型的效率结果进行影响因素分析,为验证研究结果的稳定性,现将因变量替换为经济效率(econo)和生态效率(ecolo)进行重新回归以验证上述分析的稳健性,若回归结果能以资源效率与环境效率的回归结果解释,则上述分析的可信度较高。结果(表3)显示,在长江经济带全域及上中下游回归结果中,经济效率与环境效率基本一致,而生态效率也能够通过对资源效率和环境效率回归结果的叠加效应进行解释,且不难看出生态效率回归结果以资源效率为主导,较难反映城市环境效率的外部驱动特征,也进一步验证了打开系统“黑箱”,对

不同阶段效率作分别探讨的必要性。

表3 稳健性检验结果

变量	上游		中游		下游		全域	
	econo	ecolo	econo	ecolo	econo	ecolo	econo	ecolo
lnPGDP	0.033 (1.14)	0.029 (1.01)	-0.053*** (-2.65)	-0.031 (-1.53)	0.105*** (9.45)	0.096*** (8.24)	0.078*** (8.39)	0.079*** (8.46)
ST	-0.379*** (-3.70)	-0.476*** (-4.79)	-0.283*** (-3.87)	-0.456*** (-6.26)	-0.637*** (-10.19)	-0.726*** (-11.10)	-0.489*** (-11.63)	-0.591*** (-14.02)
FI	-0.051*** (-4.90)	-0.040*** (-3.95)	0.011 (0.96)	0.013 (1.09)	-0.006 (-0.99)	-0.005 (-0.75)	-0.021*** (-4.64)	-0.017*** (-3.68)
GO	-0.273*** (-3.76)	-0.238*** (-3.38)	-1.123*** (-10.16)	-1.016*** (-9.25)	-0.385*** (-6.26)	-0.454*** (-7.06)	-0.358*** (-8.57)	-0.321*** (-7.65)
OP	-0.274 (-0.36)	-1.223* (-1.67)	-1.687*** (-5.41)	-1.743*** (-5.62)	0.276 (1.43)	0.304 (1.50)	-0.438*** (-2.72)	-0.627*** (-3.88)
lnIN	0.021*** (3.54)	0.015*** (2.71)	0.041*** (6.73)	0.039*** (6.39)	0.002 (0.67)	0.003 (0.83)	0.011*** (4.59)	0.008*** (3.32)
cons	0.697*** (3.20)	0.816*** (3.86)	1.371*** (8.85)	1.248*** (8.10)	0.175** (2.09)	0.318*** (3.63)	0.345*** (4.90)	0.408*** (5.77)
N	496	496	576	576	656	656	1 728	1 728
Wald chi ² (6)	63.61	53.94	168.73	189.98	302.86	285.69	431.73	393.72
Prod>chi ²	0.000 0	0.025 9	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
Log likelihood	239.996	254.431	430.884	433.996	556.482	525.962	1 119.052	1 113.809

注:1. *、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著;2. 括号内为 *t* 值。

三、结论与启示

(一) 结论

本文基于传统和非期望 Super-EBM 模型分别对 2003—2018 年长江经济带城市经济与生态效率进行分析,随后基于网络两阶段 DEA 模型测算了城市资源与环境效率,并以回归模型讨论了影响城市投入产出效率的驱动因子,主要得到以下结论。

第一,长江经济带全域及上、中、下游地区城市经济与生态效率水平均呈先降后升的“U”形变化趋势,上升趋势相对较弱,总体效率水平出现下降,总体上经济与生态效率存在“单峰”和“双峰”分布交替变动趋势,下游地区经济与生态效率水平高于中上游地区,空间上效率分布存在较强的集聚效应,“马太效应”显著。环境压力约束对长江经济带城市投入产出效率评价产生一定影响,对不同地区的投入产出效率的影响不同,对上游地区总体效率水平影响较为显著,其整体生态效率水平高于经济效率水平,中下游地区生态效率水平则较其经济效率水平低。

第二,资源效率整体特征与经济效率相近,环境效率则表现为“长期微弱波动下降—短期显著提升”的趋势。资源效率基尼系数变化大致呈“上升—下降—上升”的三阶段变化趋势,环境效率差异变化则与经济效率变化趋同,总体差异显著提高,下游区域内效率分异最为显著,下游与上游的区域间差异较大,总体差异主要来源为超变密度,其次为区域内差异。

第三,从驱动因子看,资源与环境效率受外部因素的驱动效应存在较大差异,经济发展和科技

创新对区域总体投入产出效率存在显著正向驱动作用,产业结构、对外开放则对资源与环境效率均有显著的负面效应,金融发展和政府财政尽管对区域资源效率存在显著的负面效应,但在一定程度上推动了环境效率的提升,同时由于各地区经济产业基础等的不同,各外部因素在不同区域的驱动表现存在显著差异。

(二) 启示

实证结果揭示了长江经济带城市经济效率与生态效率的时空格局及其差异,反映了环境要素制约下对区域投入产出效率的影响,在讨论城市资源效率与环境效率时空差异特征的基础上,深挖实现区域效率提升的关键驱动因素,为实现区域城市投入产出效率的有效提升提供了以下重要参考。

1. 建立共识,深化合作,突破固有发展壁垒

第一,长江经济带经济发展联系紧密,生态安全一损俱损,需要形成“一盘棋”共识,依托生态文明战略,正确处理经济发展与生态保护的关系,形成全流域“经济发展共商共建、生态安全联防联控”的长期共识。第二,针对区域效率壁垒不断扩大,“马太效应”持续存在的现象,应在经济建设和环境治理上突破各自为政的行政壁垒,加强顶层设计,建立健全区域经济发展一体化和生态环境跨区域治理的双重机制。第三,发挥中心城市的辐射带动作用,以上海、武汉等城市为核心,以成渝城市群、长江中游城市群、长三角城市群为增长极,以点带面,充分发挥经济与生态效率的空间溢出效应,着力提升区域整体效率水平,以推动长江经济带全域高效发展。第四,针对部分区域城市经济效率与生态效率水平严重失衡的现象,应着力打破当前发展桎梏,一方面摒弃部分城市不顾生态安全的发展模式,另一方面应当保护部分城市的经济发展权利,着力实现城市经济发展与生态效益并行不悖。

2. 绿色转型,创新发展,增强新型发展动能

第一,充分依托地区经济发展基础与生态环境现状,制定差异化的区域发展战略,下游地区应持续促进产业结构优化升级,推动现代服务业发展;中游地区工业产业布局相对密集,经济发展伴随资源效率的显著下降,生态环境保护尽管得到一定改善但矛盾依然尖锐,应着力实施产业转型,强化环境保护监督,提高产业管理水平;上游地区应在保护长江源地生态安全红线的前提下,依托良好的资源环境发展生态工农业、生态旅游产业等实现经济发展,扩大生态经济规模,着力推动相关城市走出“资源陷阱”,实现可持续发展。第二,当前科技创新多以转化为生产率为导向,对环境效率的支撑有限,应当扩大对高新前沿科技、绿色创新成果的引进落地,下游地区作为创新驱动发展的中心地区,应当有效推动科技创新能力向环保科技等领域扩张,同时推动科技创新成果向中上游辐射,特别是中游地区,应当加强以科技引领高效发展,发挥科技对效率提升的积极作用。

3. 金融驱动,合理干预,构建绿色发展模式

第一,应加快以银行为主体、民间资本为补充的全流域金融体系建设,有效扩大绿色金融规模,发挥绿色金融活动的重要中介作用,畅通资金流通渠道,保障市场的充足流动性,降低企业融资成本,引导资金从高污染行业流向创新型、环保型的高技术行业,进一步扩大绿色金融的生态效益,并扭转金融发展造成的资源效率损失。第二,应当注重资源的合理配置和集约化利用,减少政府财政对市场的不合理干预,避免政府干预下的过度投资与重复建设,政府应当在环保监管、节能减排等方面扮演更重要的角色,推动地区生态效益的提升。第三,应加强对低质量外资流入的管控,扩大

对高质量外资的引进,特别是中游地区,外资作为经济建设和工业化发展的重要推动力,其引进尽管实现了一定程度的经济增长,但低质量外资消耗了大量资源并增加了环境压力,造成了显著的效率损失,应适当提高外资准入门槛,有效监控外资流向,逐步消除低层次外资导致的负面效应。

参考文献:

- [1] COELLI T J, PRASADA RAO D S, O'DONNELL C J, et al. An introduction to efficiency and productivity analysis[M]. New York: Springer New York, 2005.
- [2] DESPOTIS D K. Measuring human development via data envelopment analysis: The case of Asia and the Pacific[J]. Omega, 2005, 33(5): 385-390.
- [3] 李邨, 徐现祥, 陈浩辉. 20世纪90年代中国城市效率的时空变化[J]. 地理学报, 2005(4): 615-625.
- [4] 钟业喜, 吴思雨, 冯兴华, 等. 多元流空间视角下长江中游城市群网络结构特征[J]. 江西师范大学学报(哲学社会科学版), 2020(2): 47-55.
- [5] 王德利, 王岩. 京津冀城市群全要素生产率测度及特征分析[J]. 城市问题, 2016(12): 56-62.
- [6] 康蕾, 宋周莺. 中国区域投入产出效率的研究框架与实证分析[J]. 地理科学, 2020(11): 1868-1877.
- [7] SCHALTEGGER S, STURM A. Ökologische rationalität: Ansatzpunkte zur Ausgestaltung von ökologieorientierten Managementinstrumenten[J]. Die Unternehmung, 1990, 44(4): 273-290.
- [8] FUSSLER C, JAMES P. Driving eco-innovation: A breakthrough discipline for innovation and sustainability[M]. London: Pitman Publishing, 1996.
- [9] BIANCHI M, VALLE I D, TAPIA C. Measuring eco-efficiency in European regions: Evidence from a territorial perspective[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 276: 123246.
- [10] CAMARERO M, CASTILLO J, PICAZO-TADEO A J, et al. Eco-efficiency and convergence in OECD countries[J]. Environmental and Resource Economics, 2013, 55(1): 87-106.
- [11] 姚治国, 陈田, 尹寿兵, 等. 区域旅游生态效率实证分析: 以海南省为例[J]. 地理科学, 2016(3): 417-423.
- [12] 张雄化, 邓翔. 石油行业生态效率的分解与改进[J]. 统计与决策, 2012(11): 52-56.
- [13] 王圣云, 林玉娟. 中国区域农业生态效率空间演化及其驱动因素: 水足迹与灰水足迹视角[J]. 地理科学, 2021(2): 290-301.
- [14] 张新林, 仇方道, 谭俊涛, 等. 中国工业生态效率时空分异特征及其影响因素解析[J]. 地理科学, 2020(3): 335-343.
- [15] 陈明华, 王山, 刘文斐. 黄河流域生态效率及其提升路径: 基于100个城市的实证研究[J]. 中国人口科学, 2020(4): 46-58, 127.
- [16] 常新锋, 管鑫. 新型城镇化进程中长三角城市群生态效率的时空演变及影响因素[J]. 经济地理, 2020(3): 185-195.
- [17] 黄和平. 基于生态效率的江西省循环经济发展模式[J]. 生态学报, 2015(9): 2894-2901.
- [18] 郑德凤, 郝帅, 孙才志, 等. 中国大陆生态效率时空演化分析及其趋势预测[J]. 地理研究, 2018(5): 1034-1046.
- [19] 李强, 高楠. 长江经济带生态效率时空格局演化及影响因素研究[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2018(3): 29-37.
- [20] TONE K, TSUTSUI M. An epsilon-based measure of efficiency in DEA - A third pole of technical efficiency[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1554-1563.
- [21] 韩洁平, 程序, 闫晶, 等. 基于网络超效率EBM模型的城市工业生态绿色发展测度研究: 以三区十群47个重点城市为例[J]. 科技管理研究, 2019(5): 228-236.
- [22] 冯兴华, 钟业喜, 李峥荣, 等. 长江经济带城市体系空间格局演变[J]. 长江流域资源与环境, 2017(11): 1721-1733.
- [23] 刘华军, 乔列成, 孙淑惠. 黄河流域用水效率的空间格局及动态演进[J]. 资源科学, 2020(1): 57-68.
- [24] 刘华军, 赵浩. 中国二氧化碳排放强度的地区差异分析[J]. 统计研究, 2012(6): 46-50.
- [25] 苏荟, 刘奥运. “双一流”建设背景下我国省际高校科研效率及影响因素研究: 基于DEA-Tobit模型[J]. 重庆大学学

报(社会科学版),2020(1):107-118.

[26]任宇飞,方创琳,蔺雪芹.中国东部沿海地区四大城市群生态效率评价[J].地理学报,2017(11):2047-2063.

[27]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(10):17-31.

[28]赵林,吴殿廷,金芮合,等.中国省际绿色包容性效率的时空演变特征及其影响因素[J].应用生态学报,2019(9):3087-3096.

Spatial pattern and influencing factors of urban input-output efficiency in the Yangtze River Economic Belt

ZHONG Yexi, LYU Keke

(School of Geography and Environment, Institute of Regional Development,
Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, P. R. China)

Abstract: Scientific evaluation of the input-output efficiency of economic activities is of great significance for promoting the balanced development of regional economic construction and ecological civilization. Based on the input-output analysis framework, this paper takes 108 prefecture-level and above cities in the Yangtze River Economic Belt from 2003 to 2018 as the research objects, uses Super-EBM model to measure their economic and ecological efficiency, uses kernel density estimation to analyze their spatial and temporal patterns, and uses the network two-stage model to measure their resource and environmental efficiency. The Dagum Gini coefficient is used to further investigate the regional differences and their sources. Finally, the panel Tobit model is used to empirically analyze the driving differences of influencing factors. The results show that: 1) The economic and ecological efficiency of the Yangtze River Economic Belt both decreased first and then increased, and the efficiency of the lower reaches, the middle reaches and the upper reaches of the Yangtze River Economic Belt decreased significantly. The efficiency distribution has the characteristics of “single peak” and “double peak” alternating changes, and the environmental pressure has different effects on the urban input output efficiency. 2) Resource efficiency and economic efficiency are generally similar, while environmental efficiency shows a trend of “long-term slight decline – short-term sharp rise”. The main source of regional differences between resource and environmental efficiency is hypervariable density, followed by inter-regional differences and intra-regional differences. 3) Economic development and the innovation ability of input and output efficiency have a positive effect, industrial structure and opening to the outside world have significant negative effects, financial development and fiscal expenditure efficiency have negative effects on resources, the environmental efficiency is positively to the effect of various factors on the middle and lower reaches of the driving effect of significant heterogeneity. On the basis of the research, the paper puts forward measures to improve the regional input-output efficiency, such as establishing cooperation consensus, promoting green transformation, implementing innovative development, expanding green finance, adjusting government intervention, and regulating the introduction of foreign investment.

Key words: the Yangtze River Economic Belt; input-output efficiency; Super-EBM model; network two-stage model; spatial pattern; the panel Tobit model

(责任编辑 傅旭东)