

城市绿色经济效率动态评价及影响因素

——基于 285 个地级以上城市数据的分析

王晓云, 魏琦, 杨秀平

(兰州理工大学 经济管理学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 将环境成本作为投入指标引入经济效率的分析框架, 选用DEA-Malmquist模型对我国285个地级以上城市2004-2013年的绿色经济效率进行动态评价。然后选用面板混合估计模型, 对动态效率的影响因素进行分析。结论表明, 城市绿色经济效率持续提升的主要驱动力是技术进步; Malmquist指数与城市规模呈现“U”型曲线关系; 与第二产业比重、第三产业比重、地区生产总值增长率、私营和个体经济比重、职工工资水平呈显著正相关; 与经济发展水平、外资利用规模呈显著负相关。

关键词: 绿色经济效率; Malmquist指数; 动态效率; 混合估计模型; 影响因素

中图分类号: F293; F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4407(2017)02-068-04

Dynamic Evaluation of Urban Green Economy Efficiency and Its Influencing Factors: Based on Data of 285 Cities

WANG Xiaoyun, WEI Qi, YANG Xiuping

(School of Economy and Management, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu 730050, China)

Abstract: In this paper the environmental cost is introduced into the analysis framework of economic efficiency as the input index, using DEA-Malmquist model, makes dynamic evaluation of green economy efficiency of China's 285 cities from 2004 to 2013. Then establishes the panel mixed estimation model, and analyzes the influencing factors of dynamic efficiency. The conclusion shows that the technological progress is the main driving factor to enhance the city green economy efficiency. Malmquist index presents a U-shaped curve relationship with the size of the city. The proportion of secondary industry and tertiary industry, GDP growth rate, the proportion of private and individual economy, wages of the employees shows a significant positive correlation to Malmquist index. And the economic development level, foreign capital scale show a significantly negative correlation to Malmquist index.

Key words: green economy efficiency; Malmquist index; dynamic efficiency; mixed estimation model; influencing factors

1 引言

1978-2014年我国国内生产总值增长迅速, GDP年均增长率达15.4%, 但长期以来, 片面追求经济增长速度的传统粗放式发展模式带来严重的环境污染问题, 使资源环境付出巨大的代价, 经济增长与保护环境之间的矛盾日益突显。世界卫生组织2011年公布了全球1082个城市的空气质量调查数据, 参与排名的中国31个省会城市大多位于1000名左右, 在所有91个国家中, 中国位于第77位, 表现十分糟糕^[1]。因此, 在城市经济发展过程中, 重视城市经济效率的评价, 并且将环境成本引入经济效率的分析框架, 全面权衡城市经济发展的投入产出效率, 改变以往单纯强调GDP增长的政府业绩考核方式, 有利于实现城市经济的低碳绿色发展。

评价经济效率时引入环境污染因素, 全面反映经济发展的生产要素投入和环境成本, 这种基于环境约束的综合

效率值即为绿色经济效率。已有研究表明, 评价相同类型决策单元的相对效率, DEA方法是行之有效的分析工具。但在DEA模型中引入环境污染因素时, 要想获得最优经济效率, 作为“非期望产出”的环境污染变量必须尽可能地减少。如何将环境污染变量引入效率评价模型, 存在以下方法: Scheel等使用倒数转换法^[2]; Hailu使用投入变量法^[3]; Seiford使用转换向量法^[4]; Tone提出了SBM模型处理非期望产出^[5]; Färe等提出方向性距离函数法^[6]。依据“外部性”理论, 环境污染属于生产企业的外部成本, 但对整个社会而言, 环境污染构成社会成本的组成部分, 所以本文将环境污染作为投入变量进行处理。

国内学者主要从省级层面对绿色经济效率进行测算, 如汪克亮等^[7]、钱争鸣等^[8], 或者只针对个别大城市^[9-10], 只有少数文献针对全国地级市层面进行研究^[11], 而且现有文献大都从静态角度对绿色经济效率进行评价。本文选

基金项目: 国家自然科学基金地区项目“碳排放权交易体系中企业违约行为与监管机制构建的实验研究”(71563026); 甘肃省哲学社会科学规划项目“甘肃省人口城镇化和土地城镇化协调发展研究”(YB035)

第一作者简介: 王晓云(1976-), 女, 山东临沂人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为城市经济增长与可持续发展。E-mail: wxy@lut.cn

取全国 285 个地级以上城市作为研究对象，从动态角度对城市绿色经济效率进行评价，并进一步分析动态效率的影响因素。

2 城市绿色经济效率动态评价

2.1 DEA-Malmquist方法

1978 年美国著名运筹学家 Charnes 等首先提出数据包络分析法(简称 DEA) [12]。它是一种运用数学规划原理的非参数分析模型，用于评价相似决策单元(简称 DMU)的“相对效率”。包括基于规模报酬不变假设的 CCR 模型 [12] 和基于规模报酬可变假设的 BCC 模型 [13]。DEA 模型构造一条非参数包络前沿线，生产前沿线上的为有效生产单元，前沿线下方的为无效生产单元。根据研究角度的不同，该方法分为投入导向型和产出导向型。

为了分析城市动态经济效率，本文选用 Färe、Grosskopf、Lindgren & Ross 定义的 Malmquist 指数进行分析 [14]。

$$M=EC \times TC=PE \times SE \times TC$$

Malmquist 指数分解的公式推导过程在此不再赘述。 $M > 1$ ，代表评价单元效率进步；反之代表效率退步。 EC 称为技术效率指数，反映评价单元相对于生产前沿面的靠近程度， $EC > 1$ 表明评价单元向生产前沿面靠近，相对技术效率提高。 TC 为技术进步指数，代表生产前沿面自身的移动， $TC > 1$ 代表生产技术进步。 PE 为纯技术效率指数，反映评价单元管理水平的变化， $PE > 1$ 表示评价单元管理水平改善，要素资源配置、利用水平提高，生产效率进步，反之表示管理水平恶化，效率降低。 SE 为规模效率， $SE > 1$ 表示评价单元更接近于最优生产规模，反之表示远离最优生产规模。

2.2 样本及指标选择

本文选取的研究样本为我国 285 个地级及以上城市，由于指标数据的不可获得性，研究样本不包括西藏自治区的城市。

城市经济效率测度首先需要构建投入、产出指标体系。结合已有的相关研究，并根据数据的可获得性原则，选取的投入指标包括资源性投入、非资源性投入和环境投入三个方面。资源性投入为土地、能源和水资源，选取城市建设用地面积代表土地投入，选取工业用电量代表能源投入，选取供水总量与生活用水量的差额作为水资源投入指标，代表生产用水消耗量；非资源性投入为资本、劳动，选取固定资产投资额代表资本投入，选取单位从业人员数代表劳动投入；由于环境污染主要来源于工业生产部门，所以选取的环境投入指标为工业生产中的 SO_2 排放量、废水排放量、烟尘排放量三项指标。选取城市 GDP 作为产出指标。资源性投入指标、非资源性投入指标和产出指标均选取市

辖区数据，由于污染物排放指标没有市辖区数据，所以利用全市统计数据代替。本文使用的数据主要来源于 2005-2014 年的《中国城市统计年鉴》。个别城市存在少数数据缺失，采用邻近前后两期取平均值方法补全。

2.3 城市绿色经济效率的Malmquist指数分析

利用 DEAP-Version2.1 软件，选用 DEA-Malmquist 指数模型，从动态角度对 285 个地级以上城市 2004-2013 年绿色经济效率进行分析，得到反映城市绿色经济效率动态成长性的 Malmquist 指数及其分解指标(表 1)。

表1 城市绿色经济效率Malmquist指数及分解指标

区域名称	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	Malmquist 指数	效率排名	包含的省份
东北地区	0.987	1.052	1.003	0.984	1.038	4	黑龙江、吉林、辽宁
东部地区	1.018	1.051	1.006	1.012	1.07	1	北京、天津、河北、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、海南
中部地区	1.017	1.034	1.016	1.001	1.052	3	山西、安徽、河南、江西、湖北、湖南
西部地区	1.025	1.04	1.025	1	1.066	2	新疆、青海、宁夏、甘肃、内蒙古、陕西、四川、重庆、贵州、云南、广西、西藏
全国	1.015	1.042	1.014	1.002	1.058	—	—

分析表 1 城市绿色经济效率 Malmquist 指数分析结果，从全国范围看，2004-2013 年研究期间，各城市 Malmquist 指数的平均值为 1.058，表明整个研究期间 285 个城市总体来讲绿色经济效率呈现持续上升的趋势，生产效率年均提高 5.8%。从 Malmquist 指数的分解发现，技术进步指数的平均值为 1.042，而纯技术效率指数、规模效率指数的平均值分别为 1.014、1.002，表明整体来讲城市绿色经济效率持续提升的主要驱动力量是技术进步，其次是城市管理水平的提高。

比较各区域城市绿色经济效率 Malmquist 指数分析结果，排名第一的是东部地区，其值为 1.07，经济效率年均提高 7%；然后依次是西部地区、中部地区、东北地区，经济效率年均提高分别为 6.6%、5.2%、3.8%。从动态角度看，经济发展水平最高的东部地区也表现出最高的城市绿色经济效率的动态成长性。

比较各区域 Malmquist 指数分解结果发现，各区域动态效率的差异源于区域经济发展驱动因素的不同。由于显著的规模效率优势，东部沿海地区 Malmquist 效率指数位居第一；而西部地区和中部地区，城市管理水平提高，要素资源配置、利用更加合理，纯技术效率较高，Malmquist 指数也较高，分别处于第二位和第三位；东北地区，虽然技术进步最快，但由于规模集聚水平的无效变动，加之城市管理水平提升缓慢，使规模效率、纯技术效率均表现最差，Malmquist 指数最低。

3 城市动态经济效率的影响因素

为检验城市动态经济效率的影响因素，下面利用 285

个城市 2005-2013 年的相关数据, 建立面板数据回归模型。

3.1 指标选择

参照国内外的相关研究, 并根据指标数据的可获得性, 本文选取的影响因素指标包括城市规模、产业结构、经济发展水平、金融发展程度、科学技术支出、经济增长速度、产权结构、工资水平、外资利用规模、区域位置变量(表 2)。

表2 变量定义及说明

解释变量名	变量简称	定义及单位
城市规模	Area	建成区面积 / 平方公里
	Area ²	建成区面积的平方
产业结构	IS ₂	第二产业占 GDP 的比重 / %
	IS ₃	第三产业占 GDP 的比重 / %
经济发展水平	ED	人均地区生产总值 / 元
金融发展程度	FD	年末金融机构存贷款余额与 GDP 的比值 / %
科学技术支出	SE	公共财政中的科学技术支出 / 万元
经济增长速度	EG	地区生产总值增长率 / %
产权结构	PS	私营和个体从业人员占总从业人员比重 / %
工资水平	Wage	职工平均工资 / 元
外资利用规模	FI	限额以上非内资企业工业总产值占比 / %
区域虚拟变量	EAST	城市处于东部地区为 1, 其他地区为 0

3.2 面板模型构建与估计结果分析

面板数据模型通常包括固定效应模型、随机效应模型和混合估计模型 3 种类型, 本文选择混合估计模型来分析动态经济效率的影响因素。以城市绿色经济效率 Malmquist 指数为被解释变量, 以表 2 所列变量为解释变量, 利用 Eviews 统计分析软件, 选用具有面板结构的工作文件, 对全国 285 个城市建立面板回归模型, 回归结果见表 3。

表3 面板模型回归结果

解释变量	系数	标准误	T 统计量	显著性
Area	-0.000 16	8.90 × 10 ⁻⁵	-1.799 453	0.072 1
Area ²	1.64 × 10 ⁻⁷	3.81 × 10 ⁻⁸	4.292 008	0
IS ₂	0.009 187	0.000 439	20.919 3	0
IS ₃	0.010 523	0.000 687	15.324 8	0
ED	-9.45 × 10 ⁻⁷	3.82 × 10 ⁻⁷	-2.474 407	0.013 4
FD	-0.011 949	0.007 76	-1.539 782	0.123 8
SE	-1.95 × 10 ⁻⁸	7.07 × 10 ⁻⁸	-0.276 622	0.782 1
EG	0.007 819	0.001 342	5.828 034	0
PS	0.215 665	0.048 86	4.413 96	0
Wage	3.02 × 10 ⁻⁶	8.67 × 10 ⁻⁷	3.486 299	0.000 5
FI	-0.084 108	0.041 173	-2.042 808	0.041 2
EAST	-0.013 739	0.016 312	-0.842 26	0.399 8

注: 本文取 10% 的置信度水平。

第一, 城市规模与 Malmquist 指数呈现“U”型曲线关系。

建成区面积与 Malmquist 指数显著负相关, 而建成区面积的平方与 Malmquist 指数显著正相关, 说明城市规模与绿色经济效率 Malmquist 指数呈现“U”型曲线关系。城市绿色经济效率的增长速度最初随着城市规模的扩大而下降, 达到“U”型拐点后, 绿色经济效率的增长速度随着城市规模的扩大而上升。可以用集聚效应进行解释, 最初扩大城市规模时, 集聚效应不明显, 居民的环保意识淡薄, 城市产出的增加带来严重的环境污染, 因此, 随着城市规模的扩大, 绿色经济效率的增长速度反而下降。当城市扩大至一定规模时, 集聚效应明显增强, 居民的环保意识提高, 绿色经济效率以递增的速度上升。

第二, 地区生产总值增长率、第二产业比重、第三产业比重、私营和个体从业人员比重、职工工资水平 5 个变量与 Malmquist 指数显著正相关。

地区生产总值增长率与 Malmquist 指数正相关, 说明城市 GDP 增长率的提高, 也引起绿色经济效率增长率的同向上升。城市较高的经济发展速度、较低的失业率, 使政府没有后顾之忧, 可以考虑实施关停落后产能, 增强对传统高能耗、高污染产业的监督和控制, 加大污染治理的财政投入, 增进城市绿色经济效率的提升。

提高第二产业比重, 可能会带来城市 GDP 的增加, 从而提高绿色经济效率; 另一方面, 提高第二产业比重也可能增加污染排放, 从而降低绿色经济效率。两方面的综合作用, 使第二产业比重对绿色经济效率的影响不确定。实证模型中第二产业比重的系数显著为正, 说明第二产业比重的提高促进了绿色经济效率的动态成长性, 这可能是由于第二产业在明显增加地区生产总值的同时, 注重运用绿色生产技术和节能减排的结果。第三产业是减物质化的, 因此第三产业比重提高引致的产业结构优化升级会对绿色经济效率产生正向的影响, 实证模型也验证了这一点。同时也可以发现, 与第二产业比较, 第三产业比重提高更大幅度地提高了绿色经济效率的动态成长性。

用私营和个体从业人员占总从业人员的比重来反映产权结构状况, Malmquist 指数与私营和个体从业人员比重正相关, 说明城市私营和个体经济越发达, 城市绿色经济效率的动态成长性越高, 这符合“科斯定理”的内容, 产权结构的明晰界定有利于市场机制的发挥, 有助于提高整个社会的资源配置效率。

职工平均工资与 Malmquist 指数显著正相关, 这可以用“效率工资”理论进行解释, 企业支付给员工的较高工资, 能够起到有效激励作用, 可以提高生产率与企业经营绩效。

第三, 人均地区生产总值、外资利用规模与 Malmquist 指数显著负相关。

前述 Malmquist 指数分析表明, 经济发展水平最高的东部地区 Malmquist 指数也最高, 表面上看城市较高的经济发展水平促进了城市绿色经济效率的动态成长性, 但对 285 个城市进行面板回归的结果并未支持该结论, 人均地区生产总值与 Malmquist 指数呈现显著负相关关系。表明东部地区较高的 Malmquist 指数并不是由较高的经济发展水平引起的。一般认为地区人均产值增加, 代表着人们生活水平提高, 进而刺激人们追求更高的环境质量, 这有助于绿色经济效率的提高, 这是基于存量角度的分析。如果转而分析效率的增量变化, 根据边际报酬递减规律, 人均 GDP 较高的地区经济增长的潜力往往不及经济落后地区, 从而富裕地区绿色经济效率的增长速度反而越低。

外资利用规模与 Malmquist 指数呈负向关系, 限

额以上非内资企业工业总产值占比每增加一个百分点 Malmquist 指数下降 0.084 108。这一结论反映了诸多城市的现实情况，很多城市在引进外资时片面追求外资利用的数量和规模，而忽视投资方向和投资质量，现实中存在较多外资投向采矿、冶金等传统高污染行业，对环境造成较大压力，因此对绿色经济效率的动态成长性造成负面影响。

第四，金融发展程度、公共财政中的科学技术支出、区域虚拟变量与 Malmquist 指数并未表现出显著相关性。

金融发展变量的回归系数并不显著，表明金融发展对绿色经济效率的提升并未产生有效影响。由于本文以年末金融机构存贷款余额占 GDP 的比重反映金融发展程度，原因可能是，银行部门在发放贷款时对贷款企业没有加以认真甄别，严重污染企业同样获得了银行部门的贷款支持。科学技术支出的影响不显著，可能是公共财政中的科学技术支出主要投向从事技术研发的政府机构，这种政府机构主导的技术研发与市场实际应用脱钩，科技成果难以转化为现实生产能力；也可能是由于科学技术支出没能重点投向于绿色生产技术的开发。另外，绿色经济效率的动态成长性与城市区位因素也没有明显的相关关系。

4 结论与建议

本文选用 DEA-Malmquist 模型，对我国 285 个地级以上城市 2004-2013 年的绿色经济效率进行动态评价分析，发现城市绿色经济效率持续提升的主要驱动力是技术进步。从动态角度看，由于显著的规模效率优势，经济发展水平最高的东部地区也表现出最高的绿色经济效率的动态成长性。

面板混合估计模型表明，城市规模与绿色经济效率 Malmquist 指数呈现“U”型曲线关系；第二产业比重、第三产业比重、地区生产总值增长率、私营和个体经济比重、职工工资水平与 Malmquist 指数显著正相关；经济发展水平、外资利用规模与 Malmquist 指数显著负相关；金融发展程度、政府的科学技术支出水平、区域虚拟变量与 Malmquist 指数并未表现出显著相关性。

基于上述实证模型的分析结果，提出以下若干政策建议，以促进城市经济的转型发展。

(1) 转变经济发展方式，优化产业结构。转变“高投入、高污染、高增长”的传统经济发展模式，走“资源节约型，环境友好型”的经济发展道路，大力发展第三产业，促进产业结构的优化和升级，推动绿色经济效率的提高。

(2) 加大科技投入，鼓励科技创新。技术进步是影响城市绿色经济效率的重要因素，各城市应对科技资源进行整合，因地制宜发展先进技术，进一步强化先进技术对城市绿色经济发展的推动作用。重视调动大中型企业的科技研发积极性，培育企业成为地区科技研发主体，鼓励企业积

极开发绿色生产技术，鼓励企业积极开展科技成果的转化。

(3) 加强对外商投资企业的引导和监管，严格控制其污染物排放。注重引导外资投向高附加值、低污染产业，使循环经济领域成为招商引资的重点。鼓励外资企业使用先进的节能减排技术和环境管理方法，加强对外商投资企业的监管，从根本上控制污染物排放，以实现外商投资污染物排放的最小化和经济效率的最大化。

(4) 继续深化产权制度改革，鼓励非公有经济发展。在产权明晰的前提下，市场机制能够通过自我调节，有效配置经济资源。所以各城市应继续深化产权结构改革，鼓励非公有经济发展，充分发挥市场在资源配置中的决定性作用。■

参考文献：

- [1]李艳军, 华民. 中国城市经济的绿色效率及其影响因素研究[J]. 城市与环境研究, 2014(2): 36-52.
- [2]Scheel H. Undesirable outputs in efficiency valuations [J]. European Journal of Operational Research, 2001(2): 400-410.
- [3]Hailu A, Veeman T S. Non-parametric productivity analysis with undesirable outputs: An application to the Canadian pulp and paper industry [J]. American Journal of Agricultural Economics, 2001, 83(3): 605-616.
- [4]Seiford L M, Zhu J. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation [J]. European Journal of Operational Research, 2002(1): 16-20.
- [5]Tone K. Dealing with undesirable outputs in DEA: A slacks-based measure (SBM) approach [R]. Japan: GRIPS Policy Information Center, 2003.
- [6]Färe R, Grosskopf S, Pasurka C A. Environmental production functions and environmental directional distance functions: A joint production comparison [EB/OL]. (2004-04-25). <http://ssrn.com/abstract=506222>.
- [7]汪克亮, 杨力, 程云鹤. 异质性生产技术下中国区域绿色经济效率研究[J]. 财经研究, 2013(4): 57-67.
- [8]钱争鸣, 刘晓晨. 中国绿色经济效率的区域差异与影响因素分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2013(7): 104-109.
- [9]王家庭. 环境约束条件下中国城市经济效率测度[J]. 城市问题, 2012(7): 18-23.
- [10]潘文砚, 王宗军. 中国大城市环境效率实证研究[J]. 城市问题, 2014(1): 9-13.
- [11]Zhang X P, Li Y F, Wu W J. Evaluation of urban resource and environmental efficiency in China based on the DEA model [J]. Journal of Resources and Ecology, 2014(1): 11-19.
- [12]Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978(2): 429-444.
- [13]Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J]. Management Science, 1984(9): 1078-1092.
- [14]Färe R, Grosskopf S, Lindgren B, et al. Productivity changes in Swedish pharmacies 1980-1989: A non-parametric Malmquist approach [J]. Journal of Productivity Analysis, 1992(3): 85-101.

(责任编辑: 国怀亮)