

福建省区域节能减排效率评价和趋势分析

——基于三阶段SBM-DEA模型

朱哲衡,李军军

(福建师范大学 经济学院,福建 福州,350117)

【摘要】福建省对能源的需求在工业化、城镇化作用下持续增加,因而节能减排效率问题依然值得审视,对其效率评价的研究同时也为更好实现“十三五”节能减排目标、提升福建省经济发展水平打下基础。运用三阶段DEA-SBM模型评价分析福建省各地级市的节能减排效率,发现各市节能减排效率存在显著差异,其中福州和厦门两地的节能减排效率达到强DEA有效,而其余七个地区没有充分发挥各自规模效应,导致节能减排效率相对较弱。倡导合作共享精神、实现地区协同发展能够提升全省节能减排效率。

【关键词】节能减排;三阶段DEA-SBM;SFA回归

【中图分类号】F206 **【文献标识码】**A **【文章编号】**2096-3300(2020)05-0001-08

福建省作为东部沿海地区,出口贸易占经济收入比重较大,且制造业较为发达,工业化、城镇化的发展导致污染物排放量与日俱增。2017年福建省的污染物排放中化学需氧量排放达39.49万t,约达到全国化学需氧量排放的4%;而其他工业污染物,例如氨氮、二氧化硫、氮氧化物等排放量也高于多数沿海省市,因此,从生态文明建设和可持续发展角度来看,节能减排的重要性不言而喻。福建省“十三五”节能减排工作方案中明确要求总能耗相比于2015年下降16%,氨氮和化学需氧量排放总量分别控制在9万t和59万t以内,并要求各年度缩减的排放量不得低于每年20%的累计进度。这也充分表明福建省对节能减排工作的重视程度。在节能减排约束下,要保持经济的稳定发展,提升经济发

展质量是必选途径,需要提升节能减排效率。

一、文献综述

在建设美丽中国这一愿景下,以高能耗、高排放为代价的经济增长与资源节约、环境友好的目标越发生矛盾。节能减排是协调经济和环境共同进步的必然选择,这也就是节能减排问题始终受到各界学者广泛关注的重要原因。本文主要聚焦以下两个研究。

一是数据包络分析的发展与应用。Freeman^[1]较早运用DEA模型讨论如何对能源效率进行测量;于鹏飞等^[2]运用DEA模型,从宏观角度将国内各地区作为节能减排的决策单元,多角度建立节能减排指标体系,得出我国31个省市的节能减排效率;徐盈之^[3]通过剔除四个环境变量和随机干扰项,运用传统BCC测算出相对更加真实的节能减排效率值,并

收稿日期:2020-05-19

基金项目:福建省创新战略研究计划项目“生态文明试验区绿色产业评价与提升路径研究”(2018R0037);全国中国特色社会主义政治经济学研究中心(福建师范大学)项目“社会主义初级阶段我国绿色产业竞争力提升研究”。

作者简介:朱哲衡(1996-),男,湖北宜昌人,硕士研究生,研究方向:数量经济;

李军军(1978-),男,江西分宜人,副教授,博士,研究方向:数量经济与生态经济。

通过空间相关性检验,得出我国东中西部的节能减排效率总体上呈依次递减的态势;容贤标运用超DEA模型测算区域节能减排的效率水平;张吉岗^[4]意识到节能减排评价系统中存在不可避免的非期望产出,运用三阶段DDF-DEA模型,引入方向向量区分期望产出与非期望产出,从而更加切实地评价了省域间节能减排效率,并发现效率低的主要原因是无规模效应,中西部地区格外显著。

二是关于福建省节能减排工作的效率评价。多项目决策综合评价模型首次被林秀珠^[5]等人提出,他们对福建省21世纪初期前十年内节能减排绩效进行评估,且综合评价模型中各指标权重设定的依据是熵权法。随后,饶清华等学者从另一评价角度,即从资源能源消耗、环保治理等多个方面来建立节能减排指标评价体系,再次对福建省21世纪初期前十年内节能减排效率进行评价分析,发现从2007年以来,福建省节能减排绩效有了明显的增幅。这个通过多方位角度建立评价体系的方法后来被称为全排列多边形图示指标法。郑艳丹^[6]等以2010年前后5年为研究区间,从碳排放量以及排放源头两方面进行效率评价,得出产业结构单一以及能源需求高、利用率低是造成福建省碳排放量高的主要原因;林秀珠^[5]等利用边际效益递减原理构建全新的节能减排指标评价体系,结果是福建省节能减排绩效优劣顺序总体上为“十二五”优于“十一五”优于“十五”;周雄勇^[7]等从政府、经济、人口、环境、科技和能源等系统要素出发,构建节能减排系统动力学模型来考察不同节能减排政策对能源消耗和污染物排放的影响程度,并动态仿真不同政策调控因子的实施效果;张新红^[8]从福建省36类工业着手,运用SBM-DDF模型分别测算三类异质性产业的节能减排效率,从而给出福建省异质性产业的绿色技术路径。

综合以上文献不难发现,学者对福建省节能减排的效率评价大都集中于以全省为决策单元,对本省整体节能减排绩效进行评估,而忽略了各区域之间存在异质性。本文以福建省9个地级市为研究对象,采用三阶段SBM-DEA模型,构建多指标下的节能减排效率评价系统,将二氧化硫、氮氧化物等

工业排放污染物作为非期望产出,同时将工业污染治理投资额作为另一重要投入来准确地测算福建省地域节能减排效率。

二、模型选取及指标构建

(一) 三阶段DEA模型

效率测算使用H. O. Fried^[9]提出的三阶段DEA模型,该模型结合Charnes、Cooper和Rhodes提出的DEA模型与Farrell^[10]提出的SFA模型,克服了传统阶段DEA模型忽视环境变量的缺陷以及随机误差因素干扰导致的测算偏差。该模型的构建和运用主要经历三个阶段。

第一阶段是用非传统DEA-SBM模型。在节能减排效率评价当中必须对非期望产出加以考量,而传统DEA-BCC模型无法对“非期望产出”进行有效处理。因为现实情况是,这样的“非期望产出”越少越好。参考大多数学者对带有非期望产出决策单元(DMU)效率值的处理方法后,采用改进后带有非期望产出的DEA-SBM模型来评价福建省各地级市节能减排效率,以期获得更为科学合理的效率评价结果。为了使投入松弛改进和产出松弛改进在效率测量中均能体现,采用非导向型的SBM模型。

模型假定在工业生产过程中有 n 个决策单元(DMU),每个决策单元均有 m 个投入指标 x ,同时需要注意的是这里有 q 个非期望产出指标 y^b 和 p 个期望产出指标 y^g 。此时有如下矩阵:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^{m \times n}, \text{其中 } x_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi})^T \in R^m \quad (1)$$

$$Y^g = (y_1^g, y_2^g, \dots, y_n^g) \in R^{p \times n}, \text{其中 } y_{li}^g = (y_{1i}^g, y_{2i}^g, \dots, y_{pi}^g)^T \in R^p \quad (2)$$

$$Y^b = (y_1^b, y_2^b, \dots, y_n^b) \in R^{q \times n}, \text{其中 } y_{li}^b = (y_{1i}^b, y_{2i}^b, \dots, y_{qi}^b)^T \in R^q \quad (3)$$

则考虑非期望产出的DEA-SBM模型表达式为:

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{p+q} \left(\sum_{i=1}^p \frac{s_i^g}{y_{i0}^g} + \sum_{i=1}^q \frac{s_i^b}{y_{i0}^b} \right)} \quad (4)$$

$$\text{s.t. } x_0 = X\lambda + s^-$$

$$y_0^g = Y^g \lambda - s^g$$

$$y_0^b = Y^b \lambda + s^b$$

publishing by CNKI. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

其中, $\lambda \geq 0$, $s^- \geq 0$, $s^g \geq 0$, $s^b \geq 0$ 。 s^- 、 s^g 、 s^b 分别表示投入的松弛变量、期望产出和非期望产出的松弛变量。权重向量为 λ , 目标函数 ρ^* 对于 s^- 、 s^g 、 s^b 是严格递减的, 且取值范围是 $[0, 1]$ 。当 $\rho^* = 1$ 时, s^- 、 s^g 、 s^b 全部为 0, 此时表示决策单元有效; 当 $\rho^* < 1$ 时, 此时 s^- 、 s^g 、 s^b 不全为 0, 表示该决策单元并非属于 DEA 有效。

第二阶段: SFA 回归模型。在第二阶段通过构建投入导向型的 SFA 回归函数, 目的是为了分离出环境因素和随机误差, 避免给节能减排效率评价系统的测算结果带来缺陷。构建如下 SFA 回归函数:

$$S_{ni} = f(Z_i; \beta_n) + v_{ni} + \mu_{ni}; \quad i = 1, 2, \dots, M; \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

其中, S_{ni} 表示第 i 个决策单元中第 n 项投入的松弛值, 即每个单元的原始投入值与目标投入值之差; Z_i 是环境变量, β_n 是环境变量的系数; $v_{ni} + \mu_{ni}$ 是随机前沿回归模型的混合误差项, 它等于随机干扰项与管理无效率项之和。随机前沿模型的功能是剔除环境和随机干扰项从而弥补二者给节能减排效率评价带来的缺陷, 其根本原理是严格控制核心变量。 X_{ni} 为调整前的产出, X_{ni}^A 为调整后的投入, 具体调整公式如下:

$$X_{ni}^A = X_{ni} + [\max(f(z_i; \hat{\beta}_n)) - f(z_i; \hat{\beta}_n)] + [\max(V_{ni}) - V_{ni}]$$

其中: $i = 1, 2, \dots, M; n = 1, 2, \dots, N$ (6)

第三阶段: 调整后的 SBM 模型。第三阶段是对调整后的投入变量 X_{ni}^A 进行 DEA 效率分析。将经过 SFA 调整后的投入变量 X_{ni}^A 替换掉原来的投入变量 X_{ni} , 重新运用 SBM 模型进行效率估计, 便可得到相对真实的效率值, 此时的效率值仅受管理技术水平的影响。

基于以下原因, 选取考虑非期望产出的 DEA-SBM 三阶段模型作为福建省九个地级市效率评价方法。(1) DEA 模型作为非参数模型, 无需考虑生产函数的具体表达式, 因此整个评价过程是完全客观进行的; (2) SBM 模型的主要功能之一就是区分期望产出与非期望产出, 因此该模型更加贴合节能减排的内涵意义; (3) 现有大部分对区域节能减排效

率的研究忽视了不同地区的环境因素、管理体制以及包含运气成份的外在因素对评价节能减排效率的影响, 而本文则通过三阶段模型来规避这一缺陷对效率测评的影响。

(二) 指标的选择

福建省“十三五”节能减排综合工作中明确提到要严格控制二氧化硫、氨氮等污染物的排放。本文将此类污染物设为非期望产出, 再将九个地级市的地区生产总值作为期望产出。另外, 根据福建省自身生产特点以及数据的可获得性, 首先选取工业污染治理投资额作为投入指标, 考虑到生产要素的投入, 选取从业人员以及能源消费总量作为评价体系的另两个投入指标。

环境变量的选取应做到有理客观的同时满足 Simar 和 Wilson^[11] 提出的分离假设。在第二阶段 SFA 回归中对投入松弛变量与环境变量做回归, 因此对于环境变量的选取应结合样本地区的自身特点。通过以下几个环境因素来归纳环境的影响力。第一是技术水平。各地区明显存在因技术水平差异而导致生产效率不同的现象, 因此选取 R&D 投入作为技术水平的度量指标。第二是产业结构层次。节能减排的主要考察目标是生产型企业, 尤其以第二产业为主, 以第二产业产值占该地区总 GDP 比重作为衡量产业结构层次分布的依据。第三是经济发展水平。经济规模的大小能直接影响社会生产力、政府财力以及生产技术等, 从而间接关联到该地区的节能减排效率, 通过人均 GDP 来度量各地区的经济发展水平。第四是对外开放程度。各地区通过对外开放可以向其他高节能减排效率国家引进先进的生产设备、技术手段以及管理经验等, 从而提升当地的节能减排效率水平, 选取出口总额占 GDP 的比重表示该地区的对外开放水平。

选取 2011-2017 年福建省 9 个地级市作为样本决策单元, 每项指标的描述性统计如表 2 所示 (数据来源于《福建省统计年鉴》及福建各地级市统计年鉴)。决策单元为 63 个, 投入指标 3 个, 产出指标 5 个, 经检测已符合 DEA 模型的指导性原则。

表1 投入、产出及环境指标

Tab. 1 Input, output and environmental indicators

投入	产出	环境变量
工业污染治理投资额/万元	地区 GDP/亿	R&D 投入/人
从业人员/万人	COD/t	人均 GDP/元
能源消费总量/万 t	二氧化硫/t	第二产业产值占地区 GDP 比重/%
	氨氮/t	出口总额占 GDP 的比重/%
	氮氧化物/t	

表2 各指标描述性统计表

Tab. 2 Statistical table of each index description

变 量	个数	均值	标准差	最小值	最大值
工业污染治理投资额/万元		27 233.71	42 970.91	75.02	178 570.68
从业人员/万人		286.75	146.96	133.91	616.70
能源消费总量/万 t		2 285.17	3 785.68	782.36	2 897.62
地区 GDP/亿		2 700.60	1 757.29	894.31	7 547.83
COD/t		63 077.07	31 986.48	18 372.02	132 542.60
二氧化硫/t	63	33 936.75	27 145.03	2 712.43	113 899.23
氨氮/t		8 820.97	4 187.96	2 979.17	17 248.23
氮氧化物/t		39 857.37	27 189.25	2 720.21	107 706.31
R&D 投入/人		50 872.39	30 872.39	5 228.00	48 507.00
人均 GDP/元		70 104.88	36 977.85	32 837.34	194 997.38
第二产业产值占地区 GDP 比重/%		0.05	0.03	0.01	0.14
出口总额占 GDP 的比重/%		0.11	0.07	0.02	0.41

三、实证分析

(一) 第一阶段实证结果分析

在第一阶段,利用能够区分期望产出与非期望产出的 SBM 模型对原始的投入和产出数据进行初始效率的测评。福建省 9 个地级市节能减排初始效率值由 MYDEA 软件实现,结果如表 3 所示。将福建省各地区横向比较可知,初始效率结果显示综合技术效率均值为 0.847,且仅厦门市达到强 DEA 有效,其他 8 市均未达到 DEA 有效。漳州与宁德两地的综合技术效率分别处于全省最后两名,但漳州是因为纯技术效率低,而宁德是规模效应不足导致其规模效率低。其余七地市效率值均在 0.75 以上,具体表现为,综合技术效率值位于 0.7~0.8、0.8~0.9、0.9~1 之间的地市各占三分之一。由此说明福建节能减排效率水平存在明显区域差异。

效率值由 MYDEA 软件实现,结果如表 4 所示。纵观各地市七年间效率值的变化趋势,厦门和莆田两地的综合技术效率值基本保持为 1,说明厦门和莆田七年间的节能减排工作非常有效,并取得显著成果。2015 年,除厦门、莆田两市市节能减排效率依旧保持 DEA 有效和泉州效率值上升外,其余 6 市均出现节能减排效率值骤降的情况。同时,从图 1 可以看到,自 2015 年之后,全省绝大多数地级市的节能减排效率有显著提升,这一现象也是得益于福建省“十三五”节能减排综合工作的深入推行。

(二) 第二阶段实证结果分析

第二阶段主要是剔除环境因素和随机扰动项对地域节能减排效率的影响。将第一阶段测算结果中的三个投入指标的松弛值分别单独作为每个投入松弛变量回归模型中的被解释变量,再把四个环境变

(C)利用面板数据进行节能减排效率的纵向分析,将出口总额占 GDP 的比重作为被解释变量,把四个环境变量作为解释变量进行三组独立的随机前沿回

表3 福建省各地区2011-2017年平均节能减排效率值

Tab.3 The average energy conservation and emission reduction efficiency of Fujian Province in 2011-2017

决策单元	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模效应
福州	0.912	1.000	0.912	规模递减
厦门	1.000	1.000	1.000	规模不变
泉州	0.846	0.969	0.873	规模递减
漳州	0.717	0.778	0.921	规模递增
莆田	0.900	1.000	0.900	规模递增
三明	0.859	1.000	0.859	规模递增
南平	0.831	1.000	0.831	规模递增
龙岩	0.756	0.960	0.788	规模递增
宁德	0.713	0.997	0.715	规模递增
均值	0.847	0.970	0.873	—
标准差	0.086	0.065	0.074	—

表4 福建省各地区2011-2017年节能减排效率值

Tab.4 Energy saving and emission reduction efficiency value of Fujian Province in 2011-2017

决策单元	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
福州	0.956	0.896	0.918	1.000	0.796	1.000	1.000
厦门	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
泉州	0.820	0.803	0.822	0.926	1.000	0.752	0.800
漳州	0.946	1.000	0.679	0.707	0.512	0.812	0.683
莆田	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.997	1.000
三明	0.769	0.798	0.832	0.898	0.887	1.000	0.762
南平	0.643	0.675	1.000	1.000	0.864	1.000	0.565
龙岩	0.649	0.691	1.000	0.758	0.466	0.943	0.808
宁德	1.000	0.542	0.654	0.84	0.647	0.683	1.000
均值	0.848	0.814	0.868	0.891	0.778	0.896	0.843

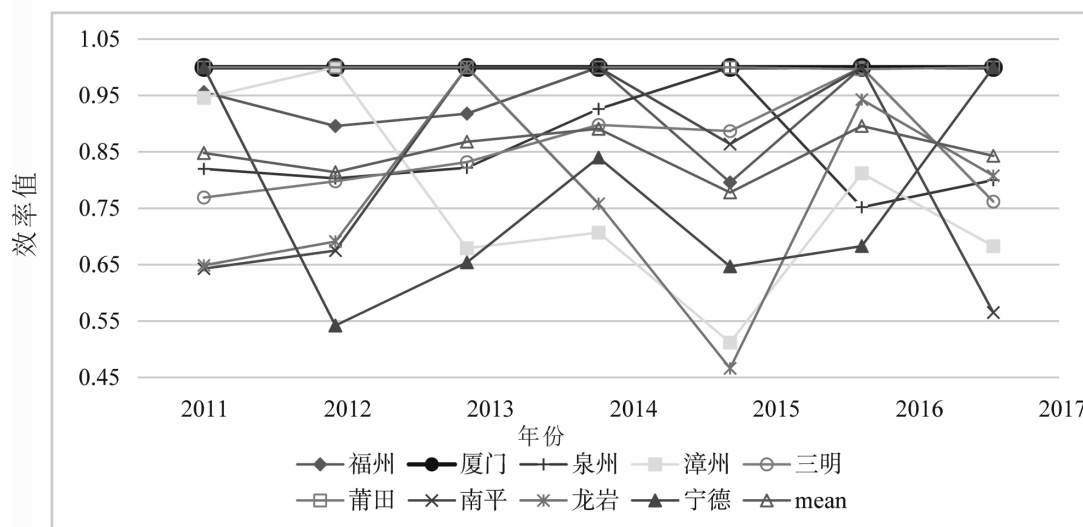


图1 2011-2017年各地区初始效率值

Fig.1 Initial efficiency value of each region in 2011-2017

归分析。运用 FRONTIER4.1 软件分别实现三个投入变量各自松弛变量的 SFA 回归, 结果如表 5 所示。具体地, 三组方程中除 β_{11} 、 β_{21} 、 β_{31} 外, 各个环境变量系数基本都在 10% 的置信水平上显著, 说明环境变量 R&D 投入对三组被解释变量的解释力

度均较低, 因此环境变量 R&D 投入并没有显著地影响投入松弛值。三组随机前沿回归的单边广义似然值分别为 9.69、7.68、10.88, 均在 10% 的置信水平上显著, 说明 SFA 模型构建正确。

表 5 第二阶段工业污染治理投资额、从业人员、能源消费总量的 SFA 回归结果汇总

Tab. 5 Summary of SFA regression results of investment, employees and total energy consumption of industrial pollution control in the second stage

参数	系数估计与 t 值	参数	系数估计与 t 值	参数	系数估计与 t 值
β_{10}	16 980.39	β_{20}	6.03	β_{30}	2 209.81
	614.43***		51.74***		2 207.83***
β_{11}	-0.07	β_{21}	0.00	β_{31}	-0.07
	-8.16*		0.18		-0.83
β_{12}	-6 288.57	β_{22}	-8.51*	β_{32}	-6 288.57
	-5 766.33***		-2.65		595.25***
β_{13}	-33 672.39	β_{23}	-11.60	β_{33}	-33 672.39
	-33 050.77***		-12.34**		-5 564.15***
σ_1^2	462 772 810.00	σ_2^2	235.53	σ_3^2	6 414 179.10
	462 771 850.00***		250.76***		6 414 179.10***
γ_1	0.91	γ_2	0.02	γ_3	0.76
	1 252.68***		0.11		13.56***
μ_1	126.13	μ_2	0.66	μ_3	62.26
	11.73**		2.65		7.47*
对数似然值	-296.05		-88.82		-246.73
单边似然比	9.69**		7.68*		10.88**

注: *、**、*** 分别表示 t 值在 10%、5%、1% 置信水平上显著。

关于三项投入指标的 SFA 回归函数分别为:

$$S_{1i} = \beta_{10} + \beta_{11}Z_{1i} + \beta_{12}Z_{2i} + \beta_{13}Z_{3i} + \beta_{14}Z_{4i} + v_{1i} + \mu_{1i} \quad (i = 1, 2, \dots, 63); \quad (7)$$

$$S_{2i} = \beta_{20} + \beta_{21}Z_{1i} + \beta_{22}Z_{2i} + \beta_{23}Z_{3i} + \beta_{24}Z_{4i} + v_{2i} + \mu_{2i} \quad (i = 1, 2, \dots, 63); \quad (8)$$

$$S_{3i} = \beta_{30} + \beta_{31}Z_{1i} + \beta_{32}Z_{2i} + \beta_{33}Z_{3i} + \beta_{34}Z_{4i} + v_{3i} + \mu_{3i} \quad (i = 1, 2, \dots, 63)。 \quad (9)$$

S_{1i} 、 S_{2i} 、 S_{3i} 分别表示第 i 个决策单元中第 1、第 2、第 3 投入指标的松弛值; Z_{1i} 、 Z_{2i} 、 Z_{3i} 分别表示环境变量 R&D 投入、人均 GDP、第二产业产值占地区 GDP 比重、出口总额占 GDP 的比重; $v_{ni} + \mu_{ni}$ 是混合误差项。

前提是管理无效率显著存在。通过使用广义单边似然比检验, 对比单边的广义似然比临界值表可知, 若自由度为 4, 则 1% 和 5% 置信水平下的临界值分别为 12.483 和 8.761。以表 5 中工业污染治理投资额的随机前沿模型回归结果为例, 分析可知 $8.761 < 9.695 < 12.483$, 因此在 5% 置信水平下选择接受存在管理无效率项的备择假设, 这也正是本文选用 SFA 模型而不使用 Tobit 模型的依据。同时由表 5 的回归结果中可得知, 绝大多数环境变量的系数显著, 说明该 SFA 回归模型可信度较高。在第二阶段回归结果中 γ 值等于管理无效率项与总残差平方和的比值, γ 值的大小直接反映松弛变量受何种因素影响程度的大小。(注: $\text{res} = \sigma_{\mu}^2 / (\sigma_{\mu}^2 + \sigma_v^2 + \sigma_{\eta}^2)$)

(C) 第二阶段使用 SFA 模型而不使用 Tobit 模型的影响程度大小 (注: $\text{res} = \sigma_{\mu}^2 / (\sigma_{\mu}^2 + \sigma_v^2 + \sigma_{\eta}^2)$)

在第二阶段分离具体的管理无效率项时借用罗登跃^[12]等学者的分离公式:

$$E(\mu | \varepsilon) = \frac{\sigma_\nu \sigma_\mu}{\sigma} \left[\frac{\phi\left(\frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}\right) + \frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}}{\Phi\left(\frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}\right)} \right] \quad (10)$$

其中 ε 表示混合误差项, $\Phi\left(\frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}\right)$ 表示概率分布函数, $\phi\left(\frac{\lambda\varepsilon}{\sigma}\right)$ 表示概率密度函数, $\lambda = \frac{\sigma_\mu}{\sigma_\nu}$, $\sigma = \sqrt{\sigma_\mu^2 + \sigma_\nu^2}$, σ_ν 表示随机误差因素的标准差, σ_μ 表

示管理无效率因素的标准差。由 $E(\mu | \varepsilon)$ 和类似 SFA 函数可得随机误差 ν 的估计值为: $E(\nu | \varepsilon) = S_{ni} - f(Z_i; \beta_n) - E(\mu | \varepsilon)$ 。

(三) 第三阶段实证结果分析

对经过第二阶段调整后的投入值以及原本的产出值再次运用 SBM 模型进行测评, 此阶段测算的效率值则更能真实地反映福建省各地级市节能减排效率水平, 第三阶段仍通过 MYDEA 软件实现效率值的测算, 并将调整前后的效率值进行对比分析 (见图 2)。

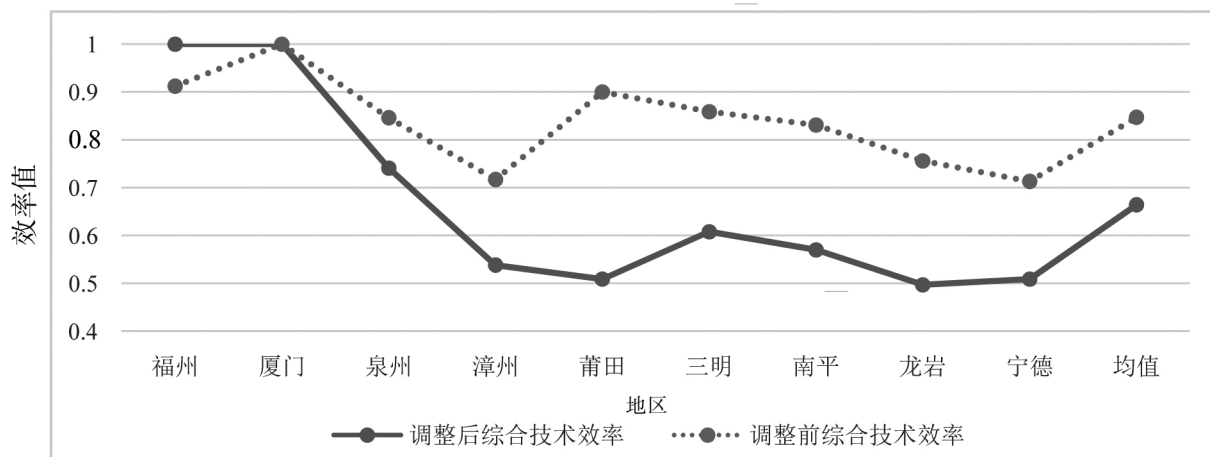


图 2 调整前后综合技术效率对比

Fig. 2 Comparison of comprehensive technical efficiency before and after adjustment

调整前与调整后的综合技术效率值存在明显差异, 其均值从 0.847 下降到 0.664, 变动较为明显。除厦门市以外, 其他地区的综合技术效率均发生变化, 但只有福州市调整后增加, 从 0.912 上升到 1, 其余都是下降, 莆田市降幅最大, 达到 43.4%。造成这种差异的主要原因在于, 调整后的投入变量剔除了环境因素以及随机误差的影响, 已将九个地级市置于同等环境和条件, 更能真实地反映各地区节能减排效率。然而综合技术效率下降的这 7 个地市其效率值都低于 0.75, 这也说明除了厦门、福州外, 其余城市的节能减排效率水平偏低。另外, 调整后的效率值标准差为 0.183, 与调整前的标准差 0.086 相比有明显增加, 说明经过第二阶段的处理后, 地区之间的节能减排效率差异更显著。但是纵观各市 2010 到 2017 年间效率值的变化情况, 唯有

宁德出现了节能减排效率下降的现象, 其余 8 地市均表现出上升趋势。这也得益于各市节能减排工作的有效落实以及政府、企业、居民为环保工作的共同努力。

从调整后的效率值来看, 只有厦门、福州达到 DEA 有效, 其他地市的效率值均小于 0.75, 与排名前两位的厦门和福州相比相距甚远。福建省两大中心城市福州和厦门二者的经济辐射效应会对周边城市产生影响。按照相对地理位置而言, 福州的经济效应会辐射到莆田、三明、南平以及宁德, 而厦门则会辐射到漳州、泉州和龙岩。因此, 在测量初始阶段的节能减排效率时, 这 7 个地市表现出相对较高的综合技术效率值, 但是当经过第二阶段对投入变量的调整后, 这 7 个地市相对比较真实的效率值就显现出来, 较调整之前均有明显的下降, 尤其是

莆田和漳州,由于这两市在地理位置上分别与福州和厦门距离最近,受到的辐射效应更大,因此两者的综合技术效率值降幅更加显著。

四、结论与建议

三阶段 DEA 模型的节能减排效率评价体系较为客观地反映福建省各地级市的节能减排效率及区域间的差异。福建省节能减排效率达到强 DEA 有效的城市仅福州和厦门两市,数量偏少。福建省节能减排效率存在明显的地域性差异,会受当地及周边地区经济发展水平的影响,尤其是经济中心城市会对周边地市的节能减排效率产生辐射影响。福建省 9 个地级市的纯技术效率值均保持在 0.9 以上,大多数地区效率值为 1。因此规模效率成为综合技术效率的主导因素,大多数地市规模效率低从而导致节能减排效率低。这也正是福州和厦门地区节能减排效率高的主要原因,即两者节能减排的规模效应达到最优。

根据本文实证分析的结论及福建自身特征,以提升本省节能减排的工作绩效为目标,提出如下对策建议。一是要积极推进产业结构调整。各地区应加快发展第三产业,积极转变经济增长方式并且大力发展新能源产业,促进新兴产业快速发展。同时加强传统产业与各项政策相互协调,改进传统产业的节能环保工作。二是加大科技投入,鼓励科技创新。应当加强与节能减排技术相对成熟省份或发达国家的合作交流,吸取节能减排经验、引进先进节能减排技术,从而不断提升本省节能减排的综合技术效率,以形成节能减排长效机制,构建有效的低碳绿色循环发展经济体系。三是各地区要充分发挥自身的比较优势,最大限度地从源头上提高节能减排效率。闽东、闽南等沿海地区依托其优越的地理条件加强海上贸易的发展,优化产业结构,提升经济实力,从而提高节能减排综合效率;闽西、闽北地区则对自身产业结构进行优化升级和转型,战略性提高自身产业的发展,从而加强能源供应、改善规模不经济这一弊端,进而提升节能减排的规模效应。四是应强烈呼吁合作共享,倡导区域间的资源

共享及经验交流,实现地区之间的资源互补,强化各地区之间的溢出效应,进一步促进福建省各地区协同发展,缩小各地区节能减排效率的梯度差异,最终达到全省范围内高效率节能减排。

参考文献:

- [1] FREEMAN S L, NIEFER M J, ROOP J M. Measuring industrial energy intensity: practical issues and problems [J]. *Energy Policy*, 1997, 25(7-9): 703-714.
- [2] 于鹏飞, 李悦, 高义学, 等. 基于 DEA 模型的国内各地区节能减排效率研究 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2010(51): 39-42.
- [3] 徐盈之, 魏莎. 我国区域节能减排效率及空间相关性研究 [J]. *大连理工大学学报(社会科学版)*, 2014(1): 1-7.
- [4] 张吉岗, 杨红娟. 基于 DDF-DEA 三阶段模型的省域节能减排效率评价 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2018(9): 24-30.
- [5] 林秀珠, 饶清华, 吴滢, 等. 基于边际效益递减原理的节能减排绩效评估 [J]. *福建师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 33(5): 79-87.
- [6] 郑艳丹, 林至宇, 赖茂宇. 福建省碳排放现状与对策研究 [J]. *工程经济*, 2017, 27(8): 46-49.
- [7] 周雄勇, 许志端, 郝永勤. 中国节能减排系统动力学模型及政策优化仿真 [J]. *系统工程理论与实践*, 2018(6): 73-86.
- [8] 张新红, 杨静怡. 福建省异质性产业节能减排的绿色技术路径选择 [J]. *华侨大学学报*, 2019(3): 64-79.
- [9] FRIED H O, LOVELL C A K, SCHMIDT S S, et al. Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis [J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2002, 17(1-2): 157-174.
- [10] FARRELL M J. The measurement of productive efficiency [J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1997, 120(3): 253-290.
- [11] SIMAR L, WILSON P W. Estimation and inference in two-stage semi-parametric models of production processes [J]. *Journal of Econometrics*, 2007, 136(1): 31-64.
- [12] 罗登跃. 三阶段 DEA 模型管理无效率估计注记 [J]. *统计研究*, 2012, 29(4): 104-107.

Research on the Innovative Cultivation of New Business Talents in Local Applied University

CHEN Zengming^a, WANG Juan^b

(a. School of Finance; b. School of Business Administration, Fujian Business University, Fuzhou 350012, China)

Abstract: With the arrival of new economy era, the integration of commerce, technology and humanities is becoming deeper, and the cultivation of new business talents in local applied universities is facing new opportunities and challenges. New business education must meet the practical needs of new economic development and business education innovation, grasp the trend of international business exchanges, fully consider the target positioning of business, local, applied, social and compound nature; innovatively clarify the cultivation paths in terms of educational concepts, training models, discipline integration, teaching methods and faculty teams.

Key words: local applied university; new business; talent cultivation; innovative path

(责任编辑: 练秀明)

(上接第 8 页)

Efficiency Evaluation and Trend Analysis of Regional Energy Conservation and Emission Reduction in Fujian Province

—Based on Three-Stage SBM-DEA Model

ZHU Zheheng, LI Junjun

(College of Economy, Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: The energy demand of Fujian province continues to increase under the influence of industrialization and urbanization, and the efficiency of energy-saving and emission reduction is still worth examining. At the same time, it lays the foundation for better realizing the 13th five year plan energy conservation and emission reduction target and improving the economic level of Fujian Province. In this paper, the three-stage DEA-SBM model is used to evaluate and analyze the efficiency of energy conservation and emission reduction in different cities in Fujian Province. It is found that there are significant differences in the efficiency of energy conservation and emission reduction between different regions in Fujian Province. Among them, the efficiency of energy conservation and emission reduction in Fuzhou and Xiamen reaches strong DEA efficiency, while that in the other seven cities is relatively weak. Therefore, this paper calls on Fujian Province to promote the spirit of cooperation and sharing, achieve the coordinated development of all regions, and finally achieve the high efficiency of energy conservation and emission reduction in the whole province.

Key words: energy-saving and emission reduction; three-stage DEA-SBM; SFA regression