第11卷 第28期 2011年10月
1671—1815(2011)28-7036-06

科 学 技 术 与 工 程
Science Technology and Engineering

Vol. 11 No. 28 Oct. 2011
ⓒ 2011 Sci. Tech. Engrg.

管理科学

考虑科技投入的区域能源效率评价研究
——以广东省为例

潘国刚 贾江涛*

(中国石油大学(华东)经济管理学院,青岛 266555)

摘 要 广东省能源效率的提升对其全面完成国家规定的节能任务以及有效缓解自身紧张的能源供需矛盾有着重要的战略意义。在考虑科技投入要素的情况下,对广东省各地区能源效率进行评价,研究发现广东省能源效率呈现出先下降后上升的整体趋势,各地区能源效率变化情况表现出各自的特点,并且考虑科技投入要素前后各地区能源效率值的变动程度也极具差异性。从理论及现实两个角度对其进行了解释。同时,为有效解决传统DEA评价结果中多个DEA有效单元的再排序问题,引入虚拟决策单元,进一步明确了广东省各地区能源效率的差异性及提升方向。

关键词 广东省 能源效率 数据包络分析

中图法分类号 F407.2; **文献标志码** A

"十二五"期间国家明确规定全国单位GDP能耗下降16%,并依据各省责任、能力、潜力、难度等因素,将广东等省份列为第一梯队,要求下降18%。目前,广东省单位GDP能耗仅为全国平均水平的65%,基数已经相对较低,面对"十二五"节能降耗任务的加重,广东省节能工作必将面临巨大的压力与挑战。同时,广东人均能源资源十分匮乏,常规能源人均拥有储量不足30吨标准煤,仅为全国人均拥有量的5%,而随着经济的快速发展,能源需求量日益攀升。相关数据显示,到2015年广东能耗总量将达到5 482万吨标准煤,允许增加消耗5 482万吨标准煤,但各市提出的新增能源消耗量达到2.1亿吨,超出允许增加量15 518万吨。由此可见,无论是面对国家规定的降低18%的节能任务,还是解决自身能源供需矛盾,广东省必须将节能降耗的工作重心向提升能源利用效率转移,以此力争完成"十二五"的节能任务并缓解紧张的能源供需矛盾,实现广东经济-能源-社会的健康可持续发展。提升能源效率的前提与基础是对能源效率进行客观、准确的测度与评价,基于此本文对广东省近五年能源效率进行评价。

2011年6月27日收到

第一作者简介:潘国刚(1965—),硕士,中国石油大学(华东)经济管理学院副教授,研究方向:能源战略、能源经济学。

*通信作者简介:贾江涛(1985—),男,河北安新人,中国石油大学(华东)经济管理学院硕士研究生。研究方向:能源经济学。E-mail:13793973526@163.com。

1 文献综述

目前,对于能源效率测度的研究比较丰富。学者从不同的视角采用不同的方法对能源效率进行了评价。需要强调的是,在不同的研究领域,出于不同的研究目的,对于能源效率的定义所有差别,进而其衡量指标与测度方法不尽相同。Patterson从投入产出的度量标准出发,将能源效率进行了分类,即热力学指标、物理-热力学指标、经济-热力学指标和纯经济指标四种类型[1]。魏一鸣等对传统能源效率指标进行了全面、系统地归纳与总结,将其划分为能源物理效率、能源宏观效率、能源实物效率、能源要素利用效率、能源要素配置效率、能源价值效率、能源经济效率等七类指标,并对各类指标的理论依据、内在含义、适用范围及应用误区进行了深入剖析[2]。也有诸多研究按投入要素数量的多少将能源效率划分为单要素能源效率指标

与全要素能源效率指标,并对其在操作难度、适用范围及优缺点方面进行对比[3—6]。单要素指标通常以单位经济产出(GDP)的能源消耗量来衡量。尽管该指标操作简单且易于理解,但其对于不同能源要素之间、及能源要素与其他投入要素之间的替代效应无法进行有效的考量[7]。对于全要素指标而言,主要是将能源作为投入要素之一(还包括资本与劳动力投入要素),考量在其他要素投入量不变的情况下,一定量产出所需的目标能源投入量与实际投入量的比值[8]。相比之下,全要素指标更能客观、有效地对能源效率进行评价。

从目前研究来看,对于能源效率测度研究主要有以下两个问题需进一步探讨。第一,对于全要素能源效率而言,前人研究均以能源、资本及劳动力作为投入指标进行考量,而忽略了科技投入指标。科技作为一种重要资源对能源利用、经济发展及社会进步有着极为重要的推动作用,无论是考量产出指标(GDP)的动力因素还是考察投入指标的外生属性,科技要素都扮演着一个极为重要的角色。因此,采用全要素指标评价能源效率应考虑科技投入。第二,运用数据包络分析法对能源效率进行测度时,难免遇到多个决策单元效率值均为 1 的情况,而这些决策单元之间在能源效率方面必然存在一定的差异,如何对这些 DEA 有效的决策单元再排序也是我们必须解决的问题。

2　研究方法与模型设定

数据包络分析法(DEA)的主要思想是对判断各个已知的决策单元(DMU)投入与产出的合理性及有效性。该方法的目的是在于构建一条非参数的包络前沿线,位于生产前沿线上的点为有效点,生产前沿线下方的点为无效点。假定有 N 个决策单元 $DMU_j, j=1,2,3,\cdots,n$,DMU_j 投入为 $X_{ij}=(x_{1j},\cdots,x_{mj})^{\mathrm{T}}$,表示第 j 个地区的 i 种资源投入总量,产出为 $Y_{rj}=(y_{1j},\cdots,y_{sj})^{\mathrm{T}}$ 表示第 j 个地区的 r 种产出总量,则效率值的计算公式如式(1)。其中,ε 为非阿基米德无穷小,$\bar{e}^{\mathrm{T}}=(1,\cdots,1)\in R^m$,$e^{\mathrm{T}}=(1,\cdots,1)\in R^s$。

$$\min[\theta-\varepsilon(\bar{e}^{\mathrm{T}}S^{-}+e^{\mathrm{T}}S^{+})]$$

$$\text{s.t.}\begin{cases}\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_j+S^{-}=\theta x_0\\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_j-S^{+}=y_0\\ \lambda_j\geqslant 0, S^{-}\geqslant 0, S^{+}\geqslant 0\end{cases}\tag{1}$$

由式(1)计算得 θ^*,① 若 $\theta^*=1$,且每一个 S^- 及 S^+ 均为 0,则相对应决策单元为 DEA 有效;② 若仅有 $\theta*=1$,则相应的决策单元为弱 DEA 有效;③ 若$\theta^*<1$,则相应的决策单元为非 DEA 有效。DEA 有效的经济含义是有效的决策单元在当前的产出水平下,其投入不能再减少;非 DEA 有效是决策单元未能达到生产前沿面上,其输入存在一定的剩余,在数据上表现为存在一定的数据冗余。输入剩余的计算可由式(1)计算得到 θ^*,S^- 及 S^+ 再由公式 $\Delta x_0=(1-\theta^*)x_0+s^-$ 计算获得[9]。

运用公式(1)进行能源效率测度时常会出现几个决策单元同时为 1 的情况,而这种 DEA 有效只是一种理论上的相对有效,并非严格意义上的效率最高,因此即使是能源效率为 1 的地区也不能高枕无忧。同时,从现实角度来看,地区与地区之间的能源效率不可能完全相同,能源效率值为 1 的几个地区依然存在着排序问题[10]。为解决该问题,特将虚拟决策单元引入 DEA 评价模型,以对能源效率同时为 1 的几个地区进行再识别、再排序。在前文 DEA 评价模型基础上引入虚拟决策单元 DUM_A 和 DUM_B,其投入与产出的构建方法如下:

$DUM_A=\{(X_{iA},Y_{rA})\mid i=1,2,\cdots,m\}$ 其中,

$X_{iA}=\max(X_{ij}),Y_{rA}=\min(Y_{rj}),j=1,2,\cdots,n$。

$DUM_B=\{(X_{iB},Y_{rB})\mid i=1,2,\cdots,m\}$ 其中,

$X_{iB}=\min(X_{ij}),Y_{rB}=\max(Y_{rj}),j=1,2,\cdots,n$。

DUM_A 和 DUM_B 均为虚拟“地区”,并无实际的经济意义。其中 DUM_A 为高投入、低产出的低效率“地区”,DUM_B 则为低投入、高产出的高效率“地区”。引入虚拟决策单元好处有二:首先,可以对能源效率值为 1 的几个地区进行有效再排序。由于 DUM_B 充当了一个理想的高效率“地区”,以最小投

入得到最大产出,原有的生产前沿线将改变。因此,只有与之相同的投入、产出结构才能实现 DEA 有效,因此,可以将原有的能源效率为 1 的地区进行在排序。其次,理想决策单元 DUM_B 实际上是对 DEA 生产可能集的扩大,尽管这种生产可能集的扩大在现实中未必可行,但在理论上却可以为区域能源效率的提升指明了今后努力的方向。

3 实证分析

3.1 指标体系的构建及相关数据说明

投入要素为能源、科技、劳动力及资本四个要素,产出要素为地区经济效益指标。其中能源要素以历年各地区能源消费总量(万吨标准煤)进行刻画。由于历年《广东统计年鉴》没有各地级市能源消费总量的统计数据,在此,该数据由各地区历年 GDP 与其相对应能源强度的乘积计算得出。科技要素以各地级市历年 R&D 投入经费进行考量。劳动力要素由本年年末与上一年年末从业人员总量的算术平均数进行代替。对于资本要素而言,大部分研究采用地区资本存量指标进行刻画,但考虑到各地级市数据的可获取性,本文采用地区全社会固定资产投资总额(亿元)对其进行刻画。产出要素以地区 GDP 进行考量,以 2005 年不变价格计算。能源效率的评价指标体系如表 1 所示。

表 1 能源效率评价指标体系

	指标类别	指标构成
投入指标	能源	能耗(万吨标准煤)
	科技	R&D 经费(万元)
	劳动力	就业人数(万人)
	资本	地区全社会固定资产投资(亿元)
产出指标	地区 GDP	地区 GDP(亿元)

本文以 2005 年、2007 年及 2009 年相关数据对广东省近五年区域能源效率进行评价,相关数据均来自历年《广东省统计年鉴》。

为了对广东省区域能源效率进行更为全面、深入的评价与比较,本文参考了广东省区域经济发展战略中对广东经济格局的划分方法,即划分为珠三角(包括广州、深圳、珠海、佛山、东莞、中山、江门七市)、东翼(包括汕头、汕尾、潮州、揭阳四市)、西翼(包括阳江、湛江、茂名三市)及北部山区(韶关、河源、梅州、惠州、肇庆、清远、云浮七市)。

本文运用 DEAP2.1 软件对广东省 2005、2007、2009 三年能源效率进行测算,测算结果如表 2 所示。

表 2 广东省各市(地区)能源效率测度结果

地区	能源效率值			地区	能源效率值		
	2005 年	2007 年	2009 年		2005 年	2007 年	2009 年
广州	0.964	1	0.991	阳江	0.83	0.734	0.895
深圳	1	1	1	湛江	0.945	0.821	0.825
珠海	0.893	0.899	0.981	茂名	1	1	1
汕头	0.968	0.864	0.87	肇庆	0.596	0.609	0.706
佛山	0.789	0.92	1	清远	0.346	0.343	0.435
韶关	0.534	0.42	0.397	潮州	0.638	0.554	0.688
河源	0.611	0.633	0.732	揭阳	0.812	0.596	0.766
梅州	0.7	0.583	0.627	云浮	0.455	0.418	0.516
惠州	0.684	0.551	0.649	全省	0.784	0.703	0.773
汕尾	1	1	1	珠三角	0.845	0.866	0.929
东莞	0.864	0.738	0.973	东翼	0.765	0.663	0.747
中山	0.755	0.799	0.867	西翼	0.945	0.814	0.715
江门	0.815	0.682	0.888	山区	0.512	0.445	0.546

3.2 广东省区域能源效率的有效性分析

从全省范围来看,近五年间广东省能源效率总体上呈现出先下降后上升的趋势。其原因可归于广东省于 2006 至 2007 年间在经济领域出现的几个“峰值”。首先是工业产值占 GDP 比重出现了一个“峰值”。2006、2007 年广东省工业产值比重高达 47% 以上,为广东省改革开放以来的最高值。与第三产业相比,工业主要以高能耗产业为主,能源效率不及第三产业。其次是在能源消费结构中煤炭比重出现“峰值”。2006、2007 年广东省煤炭消费比重上升较快,由 2005 年的 10.8% 上升到 12.5% 以上。与石油、水电等能源相比,煤炭的能源利用效率处于明显的劣势。最后是城镇化推进速度出现“峰值”。2006、2007 两年城镇化水平出现了一个加速阶段,从 2005 年的 60.6% 提升到 63% 以上,推进

速度为往年的两倍以上。由此引致的消费结构的变化(尤其是交通、住房、家电等高能耗产品消费量的增加)对能源需求量的攀升起到了推波助澜的作用。

从广东省区域格局看来,珠三角地区、东翼及北部山区总体上呈现出先下降后上升的趋势。西翼则呈现出逐年下降的趋势。2005 年四地区能源效率从高到低排名依次为:西翼、珠三角、东翼、北部山区。2009 年变为珠三角、东翼、西翼、北部山区。由此可见,珠三角及东翼能源效率相对较高,北部山区相对较低,西翼地区能源效率逐年下降,且到 2009 年不及东翼地区。因此,实现广东省经济 - 能源 - 环境全面、协调、可持续发展还需进一步提升北部山区及西翼地区能源效率。北部山区属广东经济欠发达地区,承载着环境保护及生态屏障的重任,有效提升其能源利用效率,将有利于促进该地区生态环保功能的进一步升级。西翼地区虽地处沿海,但受区位、交通及国内外生产要素分配与流向等因素制约,其发展程度与珠三角地区相比仍存在较大差距。西翼地区(以湛江、茂名为典型)作为广东西部核心功能区,起着承南接北的重要区域作用,该地区能源效率的有效提升,不仅有利于地区内部经济结构的优化与转型,同时对邻近地区产业结构优化升级将产生较为明显的带动作用,并对北部山区欠发达地区产生有效的示范拉动作用。珠三角及东翼地区能源效率相对较高,且凭借其独特的区位优势领跑广东乃至全国的经济发展。但该地区第二产业尤其是以重工业为主的工业比重较大,面临着较为严重的产业结构升级问题,并且该地区生态环境脆弱,必须在确保高能效发展的前提下有效解决能源消耗过程中的环境污染问题,以实现广东省能源 - 经济 - 环境协调与可持续发展。

3.3　考虑科技投入前后的广东省区域能源效率对比

为了更有效地反映考虑科技投入要素前后能源效率值的变化,本文以 2009 年为例对两种测度结果进行对比,对比情况如表 3 所示。整体上看,考虑科技投入要素后,各市(地区)能源效率值均有不同程度的提升。科技水平越高(尤其是能源分配及能源利用领域科学技术的升级),越有利于能源效率的提升。同时,科技水平的提升,对于产业结构、能源消费结构的优化升级起着至关重要的作用,进而实现能源效率的提升。从地区角度来看,考虑科技投入要素之后,各地区能源效率的变化程度并非完全一致。其中,珠三角地区变化程度最为明显,为 4.5%。其次为东翼、北部山区及西翼地区,全省平均值为 4%。这种程度上的差异主要源于各地区 R&D 经费强度(R&D 经费占地区 GDP 比重)的差异性。其中,广东省平均 R&D 经费强度为 0.171%,珠三角 0.211%,东西两翼及北部山区均在 0.07% 以下。因此,加大科技投入强度,有利于提升地区能源效率。

表 3　考虑科技投入前后广东省各市(地区)能源效率值比较(以 2009 年为例)

地区	能源效率(2009 年)		地区	能源效率(2009 年)	
	不考虑科技投入	考虑科技投入		不考虑科技投入	考虑科技投入
广州	0.991	0.991	阳江	0.746	0.895
深圳	1	1	湛江	0.825	0.825
珠海	0.91	0.981	茂名	1	1
汕头	0.87	0.87	肇庆	0.627	0.706
佛山	1	1	清远	0.396	0.435
韶关	0.34	0.397	潮州	0.559	0.688
河源	0.654	0.732	揭阳	0.605	0.766
梅州	0.598	0.627	云浮	0.409	0.516
惠州	0.559	0.649	全省	0.732	0.773
汕尾	1	1	珠三角	0.885	0.929
东莞	0.75	0.973	东翼	0.726	0.747
中山	0.819	0.867	西翼	0.712	0.715
江门	0.723	0.888	山区	0.512	0.546

3.4　引入虚拟决策单元后的能源效率有效性

从表 1 及表 2 可以看出,是否考虑科技投入要素对广东省各地区能源效率进行测度时都会存在几个地区能源效率同时为 1 的情况。为此引入 DUM_A 及 DUM_B 两个虚拟决策单元。从评价结果可以看出,引入 DUM_A 及 DUM_B 两个虚拟决策单元后,各地区能效变化程度较大。但其整体的排序与未

引入虚拟决策单元相比变化并不明显,即各地区之间的相对能源效率没有发生较为显著的变动。从理论上来讲,DEA 作为一种效率评价方法,其最终效率值本身的大小并无太大意义,其意义主要在于对各评价单元之间的横向比较以及同一评价单元在不同时期效率值的纵向对比。因此,引入虚拟决策单元后各地区能源效率值的变动是可以接受的。

首先,决策单元 A 能源效率最低,B 能源效率最高,也是唯一 DEA 有效的决策单元。两个虚拟决策单元很好的演绎了高能耗低产出、低能耗高产出的城市角色。为广东省各地区能源效率的提升起到了很好的标杆作用。其次,未引入虚拟决策单元之前深圳、佛山、汕尾及茂名四市均为 DEA 有效,引入虚拟决策单元之后均变为非 DEA 有效单元,其排序为佛山、深圳、茂名、汕尾,由此可见,四地区之间能源效率依然存在一定的差异性,即在一定资源投入情况下,产出效益不同,或者在一定产出水平下,资源节约水平有所差异。

表 4 广东省区域能源效率评价结果(考虑虚拟决策单元)

地区	能源效率		地区	能源效率	
	无虚拟决策单元	引入虚拟决策单元		无虚拟决策单元	引入虚拟决策单元
DUM_A	——	0.005	东莞	0.973	0.093
DUM_B	——	1	中山	0.867	0.081
广州	0.991	0.135	江门	0.888	0.062
深圳	1	0.129	阳江	0.83	0.058
珠海	0.981	0.114	湛江	0.945	0.052
汕头	0.87	0.063	茂名	1	0.122
佛山	1	0.139	肇庆	0.596	0.039
韶关	0.397	0.044	清远	0.346	0.052
河源	0.732	0.037	潮州	0.638	0.053
梅州	0.627	0.057	揭阳	0.812	0.037
惠州	0.649	0.062	云浮	0.455	0.027
汕尾	1	0.113	平均值	0.83	0.109

4 结论

首先,在考虑科技投入的前提下,广东省近五年能源效率整体上呈现出先下降后上升的趋势。2006 年及 2007 年能源效率出现一次低谷,原因主要为 2006 及 2007 年间,广东省在产业结构、能源消费结构及城镇化推进速度等领域出现了“峰值”,在 GDP 稳定增长的情况下能源消耗量猛增,引致了能源效率的下降,后两年出现好转。从地区角度来看,珠三角及东翼能源效率相对较高,北部山区相对较低,西翼地区能源效率处于逐年下降的趋势。

其次,对广东省各地区能源效率进行评价时,考虑科技投入要素之后各地区能源效率均有不同程度的提高,但不同地区在变动程度上有所差异。其中,珠三角地区变化程度最为明显,东西两翼及北部山区相对较弱。原因主要为,与省内其他地区相比珠三角科技投入力度相对较大。由此可见,科技进步对能源效率的提升具有明显的推动作用。

再次,引入虚拟决策单元,进一步明确了广东省各地区能源效率的差异性,对未引入虚拟决策单元时 DEA 有效的几个地区进行了有效排序。

总之,广东省整体能源效率的提升,要加大科技投入力度,必须进一步提升北部山区及西翼地区能源效率。同时,对于珠三角及东翼地区而言,在确保其高能效发展的前提下有效解决能源消耗过程中的环境污染问题,以实现实现广东省经济 - 能源 - 环境全面、协调、可持续发展。

参 考 文 献

1 Patterson M G. What is energy efficiency? concepts, indicators and methodological issues. Energy Policy, 1996; 24(5):377—390

2 魏一鸣,廖 华. 能源效率的七类测度指标及其测度方法. 中国软科学,2010;1:128—137

3 Hu J L, S C Wang. Total - factor energy efficiency of regions in China. Energy Policy, 2006; 34(17):3206—3217

4 李国璋,霍宗杰. 我国全要素能源效率及其收敛性. 中国人口·资源与环境,2010;20(1):11—16

5 Honma S, Hu Jinli. Total-factor energy efficiency of regions in Japan. Energy Policy, 2008;(36):821—833

6 Mukherjee K. Energy use efficiency in U. S. manufacturing: a non-parametric analysis. Energy Economics, 2008; (30):76—96

7 Wilson B, Trieu L H, Bowen B. Energy efficiency trends in Australia. Energy Policy, 1994; 22(4):287—295

8 Hu J L, Wang S C. Total-factor energy efficiency of regions in China.

Energy Policy, 2006; 34(17):3206—3217
9 魏权玲. 数据包络分析. 北京:科学出版社,2004:1—107
10 刘丙泉,李雷鸣. 基于数据包络分析的区域生态效率评价研究——山东省的实证分析. 节能技术,2010;28(6):551—556

Research on Regional Energy Efficiency Assessment Considering the Input Factors of Science and Technology——Case of Guangdong Province

PAN Guo-gang, JIA Jiang-tao *
(School of Economics and Management of China University of Petroleum (East China), Qingdao 266071, P. R. China)

[**Abstract**] The improvement of energy efficiency in Guangdong Province has important strategic significance not only in completing the task of the state's energy conservation but also in the adjustment of the imbalance between supply and demand of energy. Considering the input factors of science and technology, the energy efficiency of various regions is evaluated in Guangdong Province and found that Guangdong's energy efficiency showed a first decreased and then increased overall trend and various regions also showed their own characteristics and that before and after the consideration of science and technology input factors the change of energy efficiency showed a great differences in the degree. And these issues from theoretical and practical point of view are explained. And meanwhile, the difference and promotion direction of energy efficiency are further clarified for the regions of Guangdong province by introducing virtual DMUs.

[**Key words**] Guangdong Province　　energy efficiency　　data envelopment analysis