产业集聚效应与工业能源效率研究
——基于中国 25 个工业行业的实证分析

王海宁[1]，陈媛媛[2]

（1. 南开大学 经济学院人口与发展研究所，天津 300071；
2. 南开大学 经济学院国际经济与贸易系，天津 300071）

摘　要：文章从外部性的角度探讨了能源效率的影响因素。鉴于产业外部性即产业集聚会促进经济增长、全要素生产率的已有研究，文章提出了产业集聚也可以提高能源效率的假说，并借助中国 2001—2007 年 25 个工业行业的数据，采用 DEA 的方法测度了全要素（各类）能源效率以及产业集聚程度指标。结果发现能源密集型行业的全要素能源效率较低，而能源非密集型行业全要素能源效率较高；资源依赖性行业及出口密集型等行业集聚程度较高；烟草行业的能源效率和集聚程度均居首位。随后文章采用实证的方法验证了产业集聚及其所引致的外部性可以有效提高全要素能源效率和单要素能源效率的假说。

关键词：产业集聚；全要素能源效率；单要素能源效率；外部性；DEA；Tobit 模型

中图分类号：F424.4　**文献标识码**：A　**文章编号**：1001-9952(2010)09-0069-11

一、引言与文献综述

全球经济的快速发展使能源与环境问题日益凸现，能源效率越来越受到包括中国在内的国际社会的重视。如 Andrew Warren（1982）将能源效率称为“第五类能源”，旨在表明能源效率在节能中的重要作用。对我国而言，“十一五”规划对“截止到 2010 年，单位国内生产总值能源消耗比‘十五’期末降低 20％左右”的节能要求以及对“低碳经济”的再三强调，显示了我国对能源和环境问题的高度重视。而中国的工业部门历来是能源的消耗大户，2008 年工业能源消耗占全国能源消耗总量的比重已经超过 70％，因此必须着重改变工业部门“高能耗”、“高污染”的发展模式，提高能源效率，真正地将节能减排落到实处。

有关能源效率的测度一直是相关领域中较为棘手的问题（师博、沈坤荣，2008）。早期的文献大多采用能源强度即能源消费与相应生产总值的比值如能源—GDP 比值（或者其倒数）来衡量能源效率（史丹，2006）。这种衡量方法又叫

收稿日期：2010-06-08

作者简介：王海宁（1982－），男，天津武清人，南开大学经济学院人口与发展研究所博士生；
陈媛媛（1982－），女，吉林白山人，南开大学经济学院国际经济与贸易系博士生。

做单要素能源效率法，具有计算简单、直观形象并且在政策上容易执行等优点。但它本身包括了大量的结构因素，如经济中产业结构的变动、能源价格的变动(Boyd 和 Pang，2000)以及能源与劳动、资本之间的替代和能源投入结构的变化等许多与能源技术效率无关的因素。因此，随后有学者采用全要素能源效率指标(Hu 和 Wang，2006；魏楚、沈满洪，2007a)，该指标考虑了各种投入要素的相互作用，虽然其计算较为复杂、构建比较抽象，但是采用 DEA 的方法，测度样本点相对于生产前沿的距离来进行效率的相对比较，更加符合经济学"帕累托效率"的内涵。所以鉴于两种度量指标都各有优缺点，本文予以同时考虑。[①]

另外，魏楚(2009)总结了大部分文献中影响能源效率的因素，主要包括：(1)结构调整。能源要素从低生产率的部门向高生产率的部门转移时，会促进整体能源效率的提高。(2)技术进步。一般认为技术进步是导致能源效率提高的重要源泉。如产品的过程创新和产品创新不仅增加了消费者的效用，而且还通过采用新的生产方式，如信息技术来提高各种要素的生产率。(3)市场改革。如所有制和产权改革、市场化进程都会改进企业内部的能源效率。(4)其他因素。如政府影响力、能源相对价格、FDI、国际贸易、能源消费结构和经济发展水平等也会影响能源效率。[②]上述因素并没有考虑同类产业带来的外部性对能源效率的可能影响，而这正是本文所关注的核心问题。

与产业外部性密切相关的现象就是产业集聚。美国"硅谷"经济的迅速发展使人们越来越关注产业集聚现象。关于产业集聚的研究在 20 世纪 90 年代以来得到了迅速发展(Krugman，1991a；Kim，1995)。而外部性则被认为是产业集聚的一个重要原因(Marshall，1920 ；Henderson，1974；Krugman，1991b)。Marshall(1920)指出，产业地理集聚(Agglomeration) 的形成在很大程度上得益于集聚所产生的外部性经济，即创造出熟练的劳动力市场、专业的服务性中间产业和技术外溢。关于产业集聚以及与之相关的外部性是经济增长最大动力之一的说法早已经被新经济地理学和新增长理论的推理和实证所证实(赵伟、张萃，2007；周兵、蒲勇健，2003)。Cingano 和 Schivardi(2004)证实了意大利制造业集聚对 TFP(全要素生产率)有着显著的提高效应。范剑勇(2006)经检验得到，产业集聚会有效地促进地级城市和副省级城市的劳动生产率。张宇、蒋殿春(2008)也发现中国制造业集聚会通过 FDI 技术溢出提高全要素生产率。[③]按此进行推理，能源作为一种特殊的要素投入，也很可能受产业集聚的影响，如同行业其他企业能源使用技术的外溢很可能会提高本企业的能源效率。而目前专门研究产业集聚对能源效率影响的文献则并不多见。因此，本文确定了研究思路：考察产业集聚所带来的外部性是否也会提高能源效率(全要素能源效率)。

本文余下的内容结构安排如下：第二部分是全要素能源效率的测算，第三部分是行业集聚程度的测算，第四部分是产业集聚对能源效率影响的实证分

析,第五部分为总结性评论。

二、全要素能源效率的测算

(一)全要素能源效率的测度方法

Hu 和 Wang(2006)定义了一种相对能源效率指标,也就是全要素能源效率,即在假设生产技术规模报酬不变和产出一定的情况下,参考其他决策单元所能达到的最优能源投入与该决策单元实际能源投入的比值。

按照 Farrell(1957)和 Chames 等(1978)采用 DEA 方法求解技术效率的思路,全要素能源效率也需要求解一组线性规划方程。考虑如图 1 的一个规模报酬不变情况下基于投入方向的 DEA 模型。将产出水平单位化,等产量线为 SS′,也就是前沿面。投入要素包括能源 E、劳动 L、资本 K 等。显然包络线上的 C、D 表示有效率,而 A、B 表示无效率。按照 Farrell(1957)的定义,决策单元 A 和 B 的技术效率分别为 OA′/OA 和 OB′/OB,但包络线上的 A′却不是有效点,因为在 A′可以继续减少能源投入至 C 点而保持产出不变。这就是投入松弛(slacks)问题(Farrell,1957)。因此可以得到 A 和 B 两个决策单元的能源效率 EE:

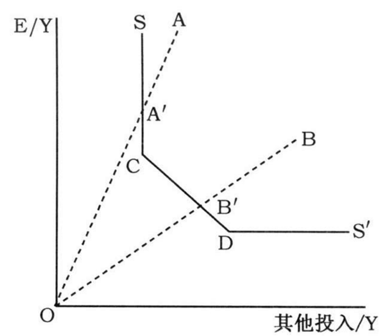

图 1　基于投入方向的规模报酬不变 DEA 模型

$$EEA=(OA'-A'C)/OA=(OA\times\theta-A'C)/OA<\theta;EEB=OB'/OB=\theta$$

点 A 的效率损失包括两部分:一是由于决策单元 A 的技术无效率而导致所有要素投入过量 AA′=OA×θ;二是由于能源配置不当引起的投入松弛 A′C。

(二)数据来源及说明

文中采用产业层面上的数据进行测算,这样可以避免因产业结构调整带来的不利影响。考虑到数据的可获得性,我们选取 2001－2007 年 25 个工业行业作为研究对象。投入要素包括三种即资本、劳动、能源,分别用各工业的固定资产净值、年末从业人员数和各工业能源消耗总量进行度量。此外,我们还采用工业煤炭、石油和电力消耗总量代替能源消耗总量进行单项能源效率的测算。能源消耗数据均来自相关年份的《中国能源统计年鉴》。资本、劳动以及工业增加值数据均来自相关年份的《中国工业经济统计年鉴》。其中固定资产净值和工业增加值分别采用固定资产投资价格指数和工业品出厂价格指数进行平减(2001 年为基期),指数数据均来源相关年份的《中国统计年鉴》。

(三)全要素能源效率测算结果分析

我们采用规模报酬不变下基于投入方向的 DEA 模型,并且采用

DEAP2.1软件进行相关操作,最终得到了四类能源下的全要素能源效率。首先对四类能源效率而言,不同行业的全要素能源效率差异非常大;其次,一般而言,能源效率高的行业都是能源密集度低的行业或者轻工业;再次,全要素能源效率最低的行业一般都是重型、污染密集型行业。

三、产业集聚程度的测算

如果要研究产业集聚带来的外部性是否会对能源效率产生影响,首先必须对产业集聚指标进行科学的测定。

(一)产业集聚程度的测算方法

目前测度产业集聚的指标很多。本文采用Hallet(2000)提出的产业方差系数来测算各个行业空间分布的非均衡性。在构建产业方差系数之前先定义如下指标:

$r_j^i(t)=v_j^i(t)/v^i(t)$, $r_j^i(t)'=\sum_j r_j^i(t)/N$

其中,$r_j^i(t)$表示行业i占地区j的份额与占全国的份额之比,$r_j^i(t)'$是$r_j^i(t)$的地区平均。构建如下的产业方差系数为:

$$CV^i(t)=\frac{1}{r_j^i(t)'}\sqrt{\frac{\sum_j[r_j^i(t)-r_j^i(t)']^2}{N}} \quad (1)$$

产业方差系数能在一定程度上衡量行业的空间分布情况,某行业的产业方差系数越大,说明该行业越集中在某一或者某些地区。

(二)数据来源及说明

为了保持前后口径一致,同样选取2001—2007年25个工业行业作为研究对象。所需的中国30个省市内部25个工业行业的工业增加值数据来源于《中国工业经济统计年鉴》。

(三)产业集聚测算结果及分析

测算结果如表1所示。限于篇幅,只按照降序排列出2001—2007年的均值。

观察表1可知,不同行业的产业集聚程度差异较大,如烟草制品业集聚程度最高,产业方差系数均值为1.989;而黑色金属冶炼及压延加工业集聚程度最低,方差系数仅为0.329。此外,产业比较集中的行业还有石油和天然气开采业、煤炭开采和洗选业等,这些行业主要是受到自然资源禀赋的限制,而通信设备作为高新技术行业受出口增速和地区经济发展、资源禀赋的影响,产业集聚程度也非常高。非常巧合的是,国有垄断程度较高的烟草行业集聚程度也是最高的,主要集聚在盛产烟叶的云南、湖南等省。在前面测算的全要素能源效率中,烟草行业也是最高的。产业集聚度最小的行业为农副食品加工、医药制造、专用设备、电力等。其中由于电力、热力供应行业是非常重要的基础行业,因此其分散程度也非常高。

表 1　2001—2007 年各工业行业的产业集聚指数(按均值降序排列)

行业名称	烟草制品	通信设备、计算机及电子设备制造	仪器仪表及文化、办公用机械制造	电气机械及器材制造	交通运输设备制造	饮料制造	医药制造	专用设备制造
均值	1.989	1.866	1.436	1.417	1.361	1.344	1.232	1.078

行业名称	通用设备制造	农副食品加工	食品制造	金属制品	石油和天然气开采	纺织业	有色金属矿采选	造纸及纸制品
均值	1.03	0.982	0.959	0.916	0.79	0.76	0.753	0.677

行业名称	电力、热力的生产和供应	黑色金属矿采选	化学纤维制造	煤炭开采和洗选	有色金属冶炼及压延加工	化学原料及化学制品制造	非金属矿物制品	石油加工、炼焦及核燃料加工	黑色金属冶炼及压延加工
均值	0.676	0.672	0.67	0.627	0.62	0.541	0.463	0.405	0.329

资料来源:作者根据公式(1)计算得到并整理。

四、产业集聚对能源效率影响的实证分析

(一)计量模型设定

借助于 DEA 模型测度的全要素能源效率,不仅会受到预先设定的投入—产出指标影响,也会受到指标以外的决策单元不容易控制的因素的影响。如前所述,目前无论从理论上还是从经验分析上都有力地证实了产业集聚带来的外部性会积极地促进当地的经济增长和全要素生产率的提高,而能源作为一种特殊的投入,正如劳动生产率一样可能也会受到外部性的影响。很明显的一个事实就是前面的测算结果表明,一方面烟草行业的地理集中趋势最强,另一方面烟草业作为国有垄断的特殊行业,其全要素能源效率和单要素能源效率却也占据着首位,国有垄断企业因为其特殊的产权性质往往效率都非常低下;另外,仪器、电气机械、交通机械等集聚程度高的产业其能源效率的排名也相当靠前。图 2 显示了产业集聚与能源效率之间的正向关系。因此我们提出以下假说。

假说:产业集聚所带来的外部性会通过知识和技术的外溢、服务专业化、要素市场的不断成熟、基础设施共享等途径提高产业的全要素能源效率(能源效率)。

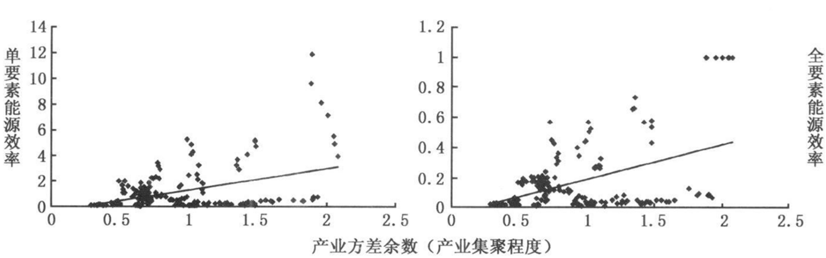

图 2　产业集聚与全要素能源效率及单要素能源效率的散点图

下面我们就用上文中具体测算出来的相应指标对该假说进行实证检验。参考已有关于能源效率的文献,我们设定如下计量模型:

$$EE_{it}=\beta_1+\beta_2 Var_{it}+\beta_3 logRD_{it}+\beta_4 logP_{it}+\beta_5 soe_{it}+\beta_6 sfdi_{it}+\beta_7 logS_{it}+\varepsilon_{it}$$

其中,下标 i 和 t 分别表示工业和年份,β_1 代表截距项,ε_{it}代表整个回归方程的误差项,服从独立同分布。各个变量的具体含义如下:

被解释变量表示各类全要素能源效率,同时也选择单要素能源效率(平减后的工业增加值与能源消耗总量的比值)的对数进行比较。核心解释变量 Var 表示前面测算的产业方差系数,根据假说预期该指标回归系数为正。

RD 表示研发指标,采用各工业行业科技活动经费内部支出总额(包括劳务费、原材料费、固定资产购建费及开发新产品经费等)来表示。由于《中国科技统计年鉴》中只统计大中型企业的情况,而大中型企业往往又是研发活动的主体,因此我们采用大中型工业企业的相应指标来表示。

P 表示能源相对价格,采用反映工业行业能源消耗成本的全国燃料、动力购进价格指数来度量。产品价格采用各工业行业的工业品出厂价格指数表示。能源相对价格就是二者的比值。

soe 表示国有企业比重,采用国有企业的产品销售收入与全部企业的产品销售收入之比。一般认为,国有企业因政府长期大力扶持而导致企业缺乏竞争力和创新精神,往往效率和生产力都很低下,而且国有企业内部在体制、机制、管理等方面都存在着许多劣势和不足。据国家统计局发布的数据显示,2009 年前五个月,规模以上工业企业中的私营企业实现利润同比增长 2.4%,而同期国有企业实现利润同比下降 41.5%。这种特定的运行方式很有可能导致其能源利用效率低,能源消耗强度大。

sfdi 表示外企进入程度,采用三资企业工业增加值占所有企业增加值的比重表示。外资进入可能会对能源效率产生一定的溢出效应。

S 表示行业平均规模,采用工业总产值(平减后)与相应企业数量之比来衡量。杨正林(2009)认为,企业规模是决定能源利用效率的一个重要因素。能源使用和其他要素一样存在着规模收益特征,企业规模扩大有助于设备潜能的发挥,进而能源效率得到提高。

(二)实证结果

对于全要素能源效率,其取值范围为(0,1],数据因而被截断,用传统的线性方法对模型直接进行回归可能会得出负的拟合值,因此通常采用处理限值因变量的 Tobit 模型。而对于单要素能源效率,则采用面板数据的普通方法即可。具体回归结果见表 2。

首先,我们观察到核心变量的产业集聚在所有方程中都显著为正,这验证了我们的假说,即产业集聚会提高全要素能源效率以及单要素能源效率。具体来说就是产业集聚带来的外部性会直接或者间接地提高能源效率。如产业的地理集中可以导致能源运输过程中损失的减少;多家厂商对稀缺能源的竞争导致资源倾向于流向更有效率的企业,即稀缺资源的配置越来越有效;同时

表 2 基本回归结果

	全要素能源效率				单要素能源效率			
	能源	煤炭	石油	电力	能源	煤炭	石油	电力
Var	0.246*** (5.78)	0.387*** (7.15)	0.204*** (3.25)	0.181*** (4.66)	0.359*** (2.80)	0.355** (2.10)	1.001*** (4.60)	0.354*** (4.37)
logRD	−0.014 (−1.06)	0.002 (0.11)	−0.015 (−0.78)	−0.024** (−2.00)	0.235*** (6.84)	0.384*** (7.47)	0.425*** (8.59)	0.144*** (5.05)
logP	−0.323*** (−3.69)	−0.189* (−1.71)	−0.073 (−0.57)	−0.379*** (−4.72)	−0.349*** (−4.07)	−0.347** (−2.41)	−0.060 (−0.52)	−0.154* (−1.68)
soe	0.273*** (3.05)	0.067 (0.59)	0.485*** (3.67)	0.273*** (3.33)	0.277 (1.12)	0.650* (1.90)	−0.538 (−1.43)	0.047 (0.25)
sfdi	0.589*** (5.46)	0.962*** (7.04)	0.800*** (5.02)	0.327*** (3.32)	0.973*** (3.31)	2.114*** (4.28)	−0.083 (−0.15)	0.805*** (2.76)
logS	−0.013 (−0.54)	0.008 (0.25)	0.082** (2.35)	0.004 (0.17)	0.365*** (5.59)	0.317*** (3.33)	0.581*** (5.06)	0.291*** (5.21)
Wald	100.77***	131.06***	38.28***	91.74***				
AdjR^2					0.993	0.990	0.986	0.985
Hausman					0.003***	0.002***	0.000***	0.093*
样本量	175	175	175	175	175	175	175	175

注:*、**、*** 分别表示在10%、5%、1%水平上显著。括号里为系数的t统计值。Hausman表示选择固定效应和随机效应的检验统计量的p值,结果表明应该采用固定效应模型。Wald统计量也非常显著,表明Tobit模型在整体上回归有效。

生产过程中各种技术溢出的可能性也增加等等都会促进能源效率的提高。

进一步观察还可知产业集聚对各种能源效率的影响程度也有所不同。例如对全要素煤炭效率的影响最大,其次依次为总能源、石油,对电力的影响最小;而产业集聚对单要素石油效率的促进作用最大,其次为总能源、煤炭,对电力的影响仍然最小。这可能是由于不同能源的性质不同所导致的,比如电力为二次能源,相对于一次能源来说比较容易获得,稀缺性相对较差,因而电力的竞争性也较差,并且电力在输送过程中损失量只与输送距离有关,并不会因为产业集中而产生运输损失的减少。这些都会导致产业集聚对电力效率的影响相对较小。

其次,我们发现企业内部自主研发支出变量只对单要素能源效率有提高作用,而对全要素能源效率的作用不显著,甚至对电力的影响为负。这意味着自主研发的流量只能够明显提高单位能源所创造的工业增加值,而并不会提高全要素能源效率。这可能是因为单要素能源是企业比较容易观察到的变量,也往往因此成为政府考察企业节能减排效果最直接的指标,与之相对的,全要素能源效率则非常隐蔽、不容易被观察和测度。如"十一五"规划中提出的刚性指标——到2010年单位GDP的能耗要降低20%,该指标即为单要素能源效率。所以企业所投入的研发可能会更直接针对如何降低单位产值能耗,而往往忽略了其背后真正的能源效率即全要素能源效率。这时企业甚至会研究如何牺牲其他要素的效率,如采用劳动、资本等替代能源进而导致单位产值能耗下降,而实际上能源效率并未得到提高,甚至由于其他要素的过度投入反而会降低全要素能源

效率。另外一个原因可能是由于我们采用的是研发流量而非存量。提高全要素能源效率的难度较提高单要素能源效率更加困难和复杂，因为它还要考虑其他生产要素的效率，所以必须经过一定的研发投入的积累，即研发存量达到一定程度时，效果才比较明显；而单要素能源效率则不用考虑其他要素的替代和效率，只关心能源的单位产出，因此短期内研发积累不需要很多时间就可以达到目标，故而研发流量对单要素能源效率的影响非常明显。

能源相对价格对能源效率的影响为负，这与预期相符，能源相对价格越高，企业当然会高效利用能源以期减少投入，进而会提高能源效率。然而能源相对价格对石油的影响虽然也为负，但是却不显著。

与预期相反，国有企业比重增加反而会提高能源效率。国有企业虽然一直是效率低下的代名词，目前也仍然位于效率的最底层，但是毕竟近年来的改革也使其效率有了不断的提高。因此从动态上说，国有企业不断提高的效率可能会导致能源效率的提高。外资比重的增加也会促进能源效率的提高，这与预期相符。一般认为外资企业在技术上总体是要高于国内企业，因此会通过直接和间接两种途径促进能源效率的提高。产业平均规模的增加会提高单要素能源效率，但是对全要素能源效率的提高效果也不明显，这也在一定程度上反映了全要素能源效率提高的难度之大。

鉴于产业集聚可能会受到其他因素的影响，如上一年经济增长等（赵伟、张萃，2007）。所以为了避免可能存在的内生性问题，我们采用了滞后一期的产业集聚指标重新进行回归，结果见表3。

表3　产业集聚滞后一期的回归结果

	全要素能源效率				单要素能源效率			
	能源	煤炭	石油	电力	能源	煤炭	石油	电力
L. var	0.269***	0.438***	0.220***	0.205***	0.308**	0.259**	0.778***	0.377***
	(5.90)	(7.02)	(3.31)	(4.96)	(2.14)	(2.02)	(2.61)	(6.67)
logRD	−0.016	0.003	−0.018	−0.025*	0.238***	0.432***	0.400***	0.131***
	(−1.16)	(0.19)	(−0.88)	(−1.99)	(5.76)	(7.01)	(5.91)	(4.06)
logP	−0.414***	−0.228*	−0.204	−0.464***	−0.288***	−0.448***	−0.017	−0.066
	(−4.51)	(−1.82)	(−1.53)	(−5.53)	(−2.70)	(−2.71)	(−0.09)	(−0.67)
soe	0.269***	0.061	0.443***	0.272***	0.217	0.940**	−0.838	−0.207
	(2.75)	(0.46)	(3.09)	(3.04)	(0.66)	(2.36)	(−1.47)	(−0.96)
sfdi	0.485***	1.023***	0.613***	0.230**	0.804**	1.599***	−0.005	0.657**
	(4.13)	(6.26)	(3.57)	(2.15)	(2.22)	(3.12)	(−0.01)	(2.50)
logS	−0.012	0.011	0.068*	0.003	0.392***	0.179*	0.629***	0.333***
	(−0.46)	(0.31)	(1.82)	(0.12)	(4.85)	(1.64)	(3.86)	(5.58)
Wald	96.88***	121.10***	32.89***	92.44***				
$AdjR^2$					0.990	0.990	0.987	0.991
Hausman					0.002***	0.000***	0.000***	0.068*
样本量	150	150	150	150	150	150	150	150

注：同上表。

观察表3发现，其结果与表2非常类似。滞后一期的产业集聚对能源效

率也会起促进作用。事实上,短期内产业集聚程度不会变动太大,因此会导致估计结果比较稳定。

五、总结性评论

借助2001—2007年中国25个工业行业的数据,本文采用DEA模型测算了各行业的全要素能源效率和集聚程度,进而实证检验了行业集聚对全要素能源效率和单要素能源效率的影响,本文所得主要结论如下:

通过测算各行业的全要素能源效率,我们发现在一般情况下,能源密集型行业的全要素能源效率比较低,而能源密集度较低的行业其能源消耗总量较少,全要素能源效率也最高。烟草行业的四类全要素能源效率均居首位,而其同时也是能源密集程度最低的行业。

通过测算各行业的产业集聚程度,我们发现一般严重依赖自然资源的行业、国有垄断程度较高的行业以及出口比重大的行业的集聚程度都比较大,烟草行业居于首位,恰好与全要素能源效率的排名一致。

通过计量分析,我们验证了产业集聚带来的外部性可以促进全要素能源效率和单要素能源效率的提高的假说。这就提示不仅是企业内部的特定微观因素可以提高能源效率,产业内部不同企业的地理位置集中化也可以从外部提高能源效率。产业集聚所带来的好处不仅是经济友好型的,同时也是环境、能源友好型的。

另外,由于单要素能源效率比较简单直观,政府因此将其作为评价地方官员节能减排效果的重要指标;而全要素能源效率还需要考虑其他要素的相互作用,比较隐蔽,不容易观察,导致企业对其重视程度不足。进而我们发现当年的研发流量对单要素能源效率的影响显著为正,而对全要素能源效率的影响则不显著,甚至为负。这就提示研发工作虽然表面上使单位产值的能耗下降了,但是并不意味着能源使用效率实质上得到了提高,企业必须转变思想,加大力度提高全要素能源效率,真正地将节能减排做到实处。

注释:

①关于全要素能源效率和单要素能源效率的详细区别,请参见魏楚、沈满洪(2007)。

②关于分析对能源效率影响因素的文献可参见:刘畅等(2008),孔婷等(2008),Fisher-Vanden(2004),Leiming Hang(2007),李未无(2008),董利(2008),滕玉华、陈小霞(2009),师博、沈坤荣(2008)等。

③事实上,产业集聚及其所带来的外部性不仅对经济增长、全要素生产率有着促进的作用,甚至还会产生外部规模经济以提高产业的减污技术进而降低污染排放强度(Copeland和Taylor,2003;Andreoni和Levinson,2001)。

参考文献：

[1]董利.我国能源效率变化趋势的影响因素分析[J].产业经济研究，2008，(1)：8－18.

[2]范剑勇.产业集聚与地区间劳动生产率差异[J].经济研究，2006，(11)：72－81.

[3]孔婷，孙林岩，何哲，孙荣庭.能源价格对制造业能源强度调节效应的实证研究[J].管理科学，2008，(3)：2－8.

[4]史丹.中国能源效率的地区差异与节能潜力分析[J].中国工业经济，2006，(10)：49－58.

[5]师博，沈坤荣.市场分割下的中国全要素能源效率：基于超效率DEA方法的经验分析[J].世界经济，2008，(9)：49－59.

[6]魏楚，沈满洪.能源效率与能源生产率：基于DEA方法的省际数据比较[J].数量经济与技术经济研究，2007a，(9)：110－121.

[7]魏楚，沈满洪.能源效率及其影响因素：基于DEA的实证分析[J].管理世界，2007b，(8)：66－76.

[8]魏楚.中国能源效率问题研究[D].浙江大学，2009.

[9]杨正林.中国能源效率的影响因素研究[D].华中科技大学，2009.

[10]赵伟，张萃.FDI与中国制造业区域集聚：基于20个行业的实证分析[J].经济研究，2007，(11)：82－90.

[11]张宇，蒋殿春.FDI、产业集聚与产业技术进步——基于中国制造行业数据的实证检验[J].财经研究，2008，(1)：72－82.

[12]周兵，蒲勇健.一个基于产业聚集的西部经济增长实证分析[J].数量经济技术经济研究，2003，(8)：143－147.

[13]Andrew Warren.Does energy efficiency save energy：The implications of accepting the Khazzoom-Brookes Postulate[EB/OL]. http://technology. open. ac. uk/eeru/staff/horace/kbpotl.html，1982.

[14]Andreoni J，A Levinson.The simple analytics of the environmental Kuznets Curve [J]. Journal of Public Economics，2001，80(2)：269－286.

[15]Boyd Gale，A Pang，Joseph X. Estimating the linkage between energy efficiency and productivity [J].Energy Policy，2000，28(5)：289－296.

[16]Charnes A，Cooper W W，Rhodes E.Measuring the efficiency of decision making unites [J].European Journal of Operational Research，1978，(2)：429－444.

[17]Cingano F，Schivardi F.Identifying the sources of local productivity growth[J].Journal of the European Economic Association，2004，(2)：720 －742..

[18]Copeland B，S Taylor.Trade and the environment[M].New Jersey：Princeton University Press，2003.

[19]Fare R，S Grosskopf，Carl A Pasurka.Environmental production functions and environmental directional distance functions [J].Energy，2007，(32)：1055 －1066.

[20]Hallet Martin. Regional specialization and concentration in the EU[R]. Economic Papers，No.141，2000.

[21]Henderson V.The sizes and types of cities [J].American Economic Review，1974，64(4)：640－656.

[22]Hu J L，Wang S C.Total-factor energy efficiency of regions in China [J].Energy Policy，2006，(34)：3206－3217.

[23]Karen Fisher-Vanden ，Gary H Jefferson ，Ma J ingkui，Xu J ianyi.Technology develop-

ment and energy productivity in China [J].Energy Economics,2006,28(3) : 690—705.

[24]Kim S.Expansion of markets and the geographic distribution of economic activities: The trends in U.S.regional manufacturing structure,1860—1987 [J].Quarterly Journal of Economics,1995,110(4),881—908.

[25]Krugman Paul.Increasing returns and economic geography [J].Journal of Political Economy,1991a,99(3),483—499.

[26]Krugman P.Geography and trade[M].MIT Press.1991b.

[27]Marshall A.Principles of economics[M].New York: MacMillan,1920.

[28]M J Farrell.The measurement of productive efficiency[J].Journal of the Royal Statistical Society,1957,120(3):253—290.

Industrial Agglomeration and Industrial Energy Efficiency: Empirical Analyses Based on 25 Industries in China

WANG Hai-ning[1], CHEN Yuan-yuan[2]

(1. *Institute of Population & Development Research*, *Nankai University*, *Tianjin* 300071, *China*;2. *Institute of International Economics and Business*, *Nankai University*, *Tianjin* 300071, *China*)

Abstract: The paper discusses the influencing factors of energy efficiency from the angle of externalities. It raises the hypothesis of the positive effect of industrial agglomeration on energy efficiency owing to the study on the positive role of industrial agglomeration on economic growth and TFP. Based on the data of 25 industries in China from 2001 to 2007, it measures total-factor energy efficiency and industrial agglomeration index by DEA. The results show that total-factor energy efficiency in energy-intensive industries is low and the one in non-energy-intensive industries is high. Industries such as resources-related one and export-intensive one are featured by high degrees of agglomeration. Tobacco industry is on top for both of energy efficiency and industrial agglomeration index. Then, it makes an empirical analysis to confirm the hypothesis aforementioned.

Key words: industrial agglomeration; total-factor energy efficiency; partial-factor energy efficiency; externalities; DEA; Tobit model

(责任编辑　周一叶)