

人大国发院系列报告

# 专题研究报告

2014年3月 总第24期

(能源与资源战略系列报告 ERS201404)

## 中国区域能源效率差异及影响因素分析

宋枫 (中国人民大学国家发展与战略研究院、经济学院)



国家发展与战略研究院

National Academy of Development and Strategy, RUC

## 人大国发院简介

国家发展与战略研究院（简称国发院）是由中国人民大学主办的独立的校级研究机构。国发院以中国人民大学在人文社会科学领域的优势学科为依托，以项目为纽带，以新型研究平台、成果转化平台和公共交流平台为载体，组建跨学科研究团队对中国面临的各类重大社会经济政治问题进行深度研究，以达到“服务政府决策、引领社会思潮、营造跨学科研究氛围”的目标。

国发院通过学术委员会和院务会分别对重大学术和行政事务进行决策。目前由陈雨露校长担任院长，刘元春教授担任执行院长。

地址：北京市海淀区中关村大街59号 中国人民大学国学馆（紧邻新图书馆）

电话：010-62515049

网站：<http://NADS.ruc.edu.cn>

Email: nads\_ruc@126.com, nads@ruc.edu.cn

# 目录

摘要.....	4
1 引言.....	5
2 典型性事实：我国能源强度变动趋势与区域性差异.....	8
3 理论框架.....	11
4 研究方法.....	13
4.1 实证模型设定.....	13
4.2 数据来源说明.....	14
4.3 估计方法.....	16
5 实证结果.....	16
5.1 回归结果.....	16
5.2 各地区能源效率指标.....	18
6 结论和政策性含义.....	22
参考文献.....	25

## 摘要

本报告对下一步能源领域改革所依据的地方能源效率提供科学计算方法，并建议改革的具体方向。

本次研究利用我国28个省、市、自治区的1995-2011年的经济、社会与能源统计数据，使用固定效应随机前沿分析方法对我国地区间能源效率差异和影响因素进行了分析。我们得到的主要结论如下：第一，能源需求弹性大约为-0.53，虽然缺乏弹性，但统计上的显著性表明其对价格信号较为敏感。而收入和人口的增加都是能源需求上升的强劲推动力，弹性分别为0.31和0.49。第二，提升能源效率的因素包括资本更新速度、市场化程度、FDI。而经济开放程度和城市化进程对能源效率的提升的影响为负。第三，我国能源效率在1995-2011年间整体上呈现上升状态，但各地区之间步调并不一致。第四，在控制了能源价格、收入等一系列因素后，我们将各省的能源效率指标剥离出来，用能源效率评分来表示，和常用的能源强度比较，二者对绝大多数省市的能源效率排名有较大出入。

报告认为，在新一轮能源领域改革中，放松管制、改革能源价格定价体系会为对引导我国能源合理消费起到重要作用，市场化导向的改革会有力地促进能源效率的提升。报告也表明，运用报告提出的能源评分指标更能准确衡量能源效率，可以帮助中央政府更加科学地评估各省节能潜力，为向地方政府有效分配节能目标提供决策依据。

## 1 引言

在过去的三十多年里，中国经济持续高速发展，人民生活水平显著提升，取得了为世人瞩目的成绩。同时，我们为经济发展也付出了巨大代价。2012年我国已经成为世界第一大能源消费国，消费总量为36.2亿吨标煤，占世界能源消费总量的22%。（BP, 2013）而我国仍然处于工业化过程中，能源消费具有刚性，因而能源消费增加的势头不可能立即扭转。根据国际能源署（IEA）发布《世界能源展望2013》预测，中国将成为世界最大的能源消费国家和石油进口国。到2035年中国能源消耗总量将比当前水平增长50%；人均能源需求增长40%，达到与欧洲相同水平。

为了在保持经济可持续增长的同时控制能源消费和碳排放的增加，中国政府将改善能源效率提升到了一个前所未有的高度。早在20世纪80年代初期，我国政府就根据当时的经济发展和能源消费的现状，提出了“开发与节约并重，近期把节约放在优先地位”的能源方针，但由于缺乏具体的考核措施，在各级政府单纯追求GDP高速增长的情况下，对能源效率的重视一直不够。这种情况从“十一五”开始发生转变，降低单位GDP能源消费即能源强度被列为各级政府的考核指标中，这一时期，我国能源强度下降19%，基本达到预期设定目标。而在“十二五”规划中，能源强度下降目标为16%。

能源强度是国际上常用的能源效率指标。国际能源署（2009）在一份评估G8国家能源效率政策的报告中指出，从上世纪70年代开始，许多国家都逐渐重视能源效率的改善，表现是能源强度持续下降。

但它也同时指出能源强度仅仅是能源效率的代理指标，二者并不等同。以单位经济产出的能源消耗量作为能源效率指标的优点是计算简单，含义明确，作为政策工具可操作性强。但是缺点也很突出，能源强度的变动受到包括经济结构在内很多因素的影响，而能源效率仅仅是其中一个因素。例如，一个国家各个部门内的单位能源产出（即能源效率）没有发生改变，但由于经济结构由高耗能的重工业向低耗能的服务业转型了，那这个国家的能源强度也会表现出下降的趋势。

为克服用能源强度衡量能源效率的不准确，研究者开始转向利用其他方法来更好地表述“效率”概念。第一类文献使用分解法，如指数分解法，将影响能源强度变动的因素分解为不同因素，包括经济结构因素、效率因素、技术因素以及终端需求因素等（参见 Ang 和 Zhang, 2000 对分解法做出的详尽综述）。这一类方法的优点是直观明了，有利于抓住能源强度的主要影响因素并量化能源效率对能源强度变动的贡献率，对宏观政策制定也有参考意义。这种方法的缺点在于缺乏微观理论基础，仅仅利用等式的恒等变形来量化分析，没有指出微观行为主体行为的动因，因而无法深入考察影响能源效率变动的因素，如价格、收入、行为规范、政策等对能源效率的影响程度（张炎治，聂锐，2008）。

第二类度量能源效率的文献使用前沿分析方法，其理论基础是生产者理论，即在定各种投入要素的条件下实现最大产出，或者给定产出水平下实现投入最小化的能力。其思路是估计出对能源最优利用的生产前沿，效率水平取决于实际能源消费量（或者产出量）和估计出

来的生产前沿之间的差距。对生产前沿边界的确定是测算技术效率的关键。目前，对生产前沿边界的确定方法主要可以分为随机前沿分析（SFA）和数据包络分析（DEA）两类。数据包络分析通过线性规划构造出生产的前沿边界，是一种非参数的方法；随机前沿分析认为实际产出（实际投入）偏离生产前沿边界部分由技术无效率项和随机误差项组成，通过极大似然等回归方法确定前沿边界。与SFA模型相比，DEA模型存在以下缺点：首先，DEA模型没有考虑随机误差的影响，容易受到样本数据的质量的影响，效率的估计可能存在偏差（特别是当误差项比重比较大时，DEA模型测算的结果偏差会很严重）；其次，DEA模型不具有统计的特性，不能对模型进行检验（杜克锐，邹楚沅，2011；朱承亮等，2011）。

本文的研究目的有二，第一，考察我国各省的能源效率变动趋势，并对比能源强度来评估后者是否是一个好的能源效率指标；第二，分析影响能源效率变动的因素。与DEA方法相比，SFA采用计量方法对前沿生产函数进行估计，有更为坚实的经济理论基础。通过估计生产函数对生产过程进行描述，使技术效率估计得到控制，并且SFA方法不仅可以测算每个个体的技术效率，而且可以定量分析各种相关因素对个体效率差异的具体影响。使用参数估计的前沿方法研究能源效率的文献较少。在企业层次，Buck和Youghn（2007）在研究商业建筑的能源效率时，应用SFA来分析一些特定的建筑特点对单位面积能源的影响。Boyd（2008）估计了一个玉米粉加工厂样本的能源效率前沿。在区域或者国家层次，Plippini和Hunt（2011，2012）使用随机

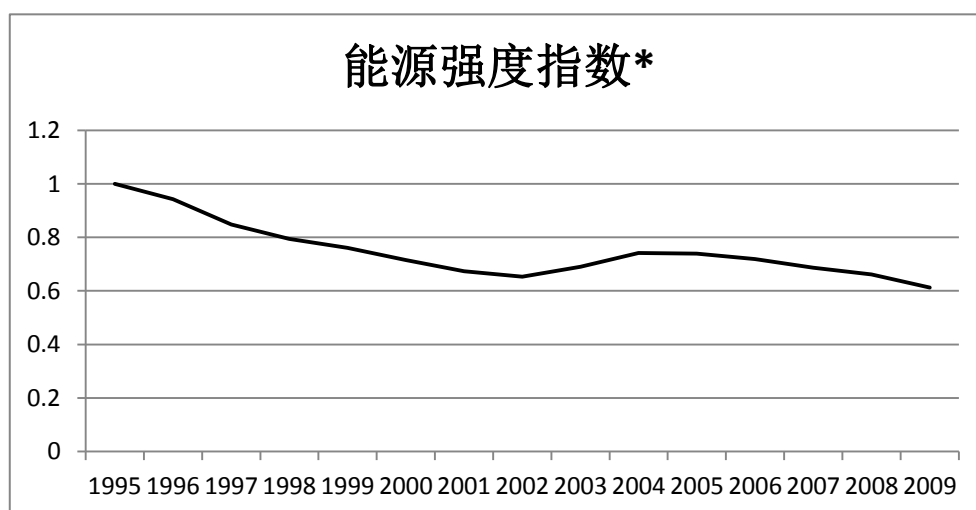
前沿方法分别分析了 OECD29 国和美国各州的能源效率的变动趋势及其影响因素。他们将能源作为一项生产要素，其需求函数是由最有效利用的能源需求量（即前沿）加上低效浪费的能源消费量，而低效使用的能源越少，则能源效率越高。在 Plippini 和 Hunt 分析框架的基础上，我们利用我国 28 各省市 1995-2011 年的能源使用及社会经济数据，使用随机前沿分析估计了一个能源需求函数，本文的贡献有两点，第一，我们使用固定效应随机前沿方法估计能源需求函数，面板数据如果不控制固定效应，会产生两个负面影响，一是由于没有区分固定效应和能源无效利用，因而能源无效率会被过高估计；二是估计结果很有可能产生偏差 (biased)，而固定效应随机前沿模型能够克服这两个缺点。第二，我们不仅从时间维度上分析影响能源效率变动的影响因素，也从空间上分析各地区之间能源差异的来源。我国区域发展不平衡，各地资源禀赋、经济结构和技术水平存在较大差异，在进行节能目标分解时需要量体裁衣，根据各地区的不同特点制定不同的目标，这就必须对各地区能源强度的状况及其影响因素进行定量分析，以帮助政策制定者采取有针对性的措施。

## 2 典型性事实：我国能源强度变动趋势与区域性差异

能源强度即单位 GDP 能源消费量，是衡量一国或地区能源使用效率的常用指标，能源强度越低代表能源利用效率越高。我国能源消费强度在 1978-2002 年期间持续下降，从 1978 年的 15.7 吨标准煤/万



元 RMB 下降至 2002 年的 4.9 吨标准煤/万元 RMB(按 1978 年价格计算), 年均下降 2.8%。但 2003-2005 年, 能源强度出现反弹, 又重新回到了 1999 年的水平。出于对能源安全和应对气候变化的考虑, 中国政府也认识到提高能源使用效率是控制能源消费总量、降低温室气体排放量的重要手段, 从“十一五”规划开始, 中央政府将降低能源强度作为强制性节能降耗目标, 向地方政府层层分解考核。这一时期, 我国能源强度下降 19%, 基本达到预期设定目标。而在“十二五”规划中, 能源强度下降目标为 16%。



\*:1995 年能源强度被标准化为 1.

表 1 各省、市、自治区代表性年份能源强度与排名变化

地区	省、市、 自治区	1995		2011	
		能源强度 (吨标煤/万元 GDP)	排名	能源强度 (吨标煤/万元 GDP)	排名
	北京	1.63	12	0.58	1
	天津	2.08	21	0.89	7
华北	河北	2.36	24	1.60	23
	山西	4.14	28	2.15	28
	内蒙古	2.24	23	1.69	25
东北	辽宁	2.65	25	1.48	20

	吉林	2.68	26	1.14	18
	黑龙江	1.80	16	0.98	11
	上海	1.41	9	0.77	5
	江苏	1.12	5	0.69	4
	浙江	0.88	4	0.60	2
华东	安徽	1.92	19	0.91	9
	福建	0.74	2	0.77	6
	江西	1.78	15	1.04	13
	山东	1.23	6	0.93	10
	河南	1.51	10	1.10	16
	湖北	2.06	20	1.20	19
中南部	湖南	1.90	18	1.09	15
	广东	0.85	3	0.65	3
	广西	1.26	7	1.12	17
	海南	0.56	1	0.90	8
	四川	1.90	17	1.08	14
	贵州	3.76	27	1.92	26
	云南	1.68	13	1.56	22
西部	陕西	2.22	22	1.00	12
	甘肃	1.57	11	1.50	21
	青海	1.70	14	2.07	27
	新疆	1.35	8	1.68	24

注：按 1995 年不变价格计算。

表 1 列出了我 1 各省 1995 年和 2009 年能源强度及排名。从省际层面来看，各省能源强度的下降趋势是和全国趋势保持一致的。2000 年以前，能源强度下降幅度较大，在 2000-2005 年间，能源强度不降反升，这一趋势在 2005-2009 年间得到有效遏制。另一方面，各省市之间的能源强度变化存在较大差异。1995 年我国能源强度排名前五位是：海南（1）、福建（2）、广东（3）、浙江（4）和江苏（5）；排名在后五位的是：新疆（24）、辽宁（25）、吉林（26）、贵州（27）、山西（28）。2009 年我国能源强度排名前五位是北京（1）、浙江（2）、广东（3）、江苏（4）和上海（5）；排名在后五位的是新疆（24）、内蒙古（25）、贵州（26）、青海（27）和山西（28）。在这一时期，能

源强度排名上升较多的省市 ( $\geq 5$ ) 包括北京、天津、吉林、黑龙江、辽宁。排名降低较多 ( $\geq 5$ ) 的省份包括河南、广西、海南、云南、青海、陕西、甘肃、青海、新疆。

能源强度的下降经常被看做是能源效率提升的表现。但能源强度的变动可能是经济结构的变动,如高耗能的产业比重变化,也可能是由于生产同一单位产品能源消耗减少,前者我们称为经济结构性变化,后者是能源效率变化。很多学者通过分解法定量地测算出经济结构因素和能源效率因素对能源强度降低的贡献率。但这种方法没有系统阐述影响结构变动和效率变动的因素,我们采用 SFA 方法对能源效率的变动因素做了更为细致的分析。

### 3 理论框架

根据生产理论,作为一种生产投入要素,能源需求是引致需求 (Derived Demand),取决于对其产品或者服务的需求,如照明、取暖、交通、生产等等。从整个经济体范畴内看,能源需求首先是能源价格、经济活动规模的函数。其次,为获取能源服务,能源需要和资本,如电灯、空调、汽车、机器等要素组合使用。这意味着能源需求受到这些设备和生产过程能源效率的影响。例如,和老旧的设备和生产工艺相比,较新的设备和生产工艺可以使用较少的能源获得同样数量的产品或者服务。因而,技术进步可以帮助提高设备和资本存量的热力效率。再次,现实中能源需求还受到经济结构、社会和自然情况

等因素的影响。因此，能源需求函数可以写成式 (1)：

$$E_{it} = f(Y_{it}, P_{it}, Z_{it}; \beta) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中  $E_{it}$  是实际能源消费， $Y_{it}$  为产出水平， $P_{it}$  为价格， $Z_{it}$  为其他经济或者社会变量， $i$  和  $t$  分别表示省份和年份。而  $f(\bullet)$  代表了能源消费的“前沿”，即使用最好技术、进行最有效管理的生产者的能源消费，也是一个经济体生产任何给定产出水平下的最低能源消费量。 $\varepsilon_{it}$  代表了实际观察到的能源消费量与“前沿”之间的差别，这一差别由两部分组成，一是随机扰动项  $v_{it}$ ，如数据收集过程中的偏差，我们假定它服从零均值、不变方差的正态分布

$$\varepsilon_{it} = v_{it} + u_{it} \quad (2)$$

$$v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2) \quad (3)$$

另一部分  $u_{it}$  代表能源的无效使用，即“浪费”的能源消费，它也是我们关心的能源效率指标，如果  $u_{it}$  较高，则能源效率较低，反之亦然。根据我们以上的讨论，能源效率受到很多因素的影响，一些因素如资源禀赋、自然条件、制度等在相对长的时间内是比较稳定的，而如设备更新程度、市场竞争程度等可能随时间变化，因此我们假定  $u_{it}$  由两部分的乘积，一是服从独立的、零处截尾的正态分布  $u_i^*$ ，代表不随时间变化的因素；另一部分是  $h_{it} = f(w_{it}\delta)$ ，代表能源效率是观察单位相关的一系列变量的函数。

$$u_{it} = h_{it} u_i^* \quad (4)$$

$$h_{it} = f(w_{it}\delta) \quad (5)$$

$$u_i^* \sim N^+(\mu, \sigma_\mu^2) \quad (6)$$

## 4 研究方法

### 4.1 实证模型设定

为了将 (1) 式具体化, 我们需要选取可能影响能源消费和能源效率的具体变量。产出水平我们选取各省 GDP, 能源价格我们选取能源价格指数代表。影响能源消费的其他变量  $Z_{it}$  我们选取代表经济结构的第二产业和第三产业增加值占 GDP 比重 (ISH 和 SSH), 人口 (POP), 资本劳动力比值 (KL)。文献中关于资本和能源在生产中是互补品还是替代品已有了很长时间的辩论。Griffin 和 Gregory(1976) and Griffin (1981)认为数据形式对预测二者关系十分重要, 截面数据更倾向于捕捉到二者之间的替代关系, 而时间序列数据倾向于捕捉到二者之间的互补关系。最后, 我们加入时间变量 (TREND) 来控制技术进步。

而影响能源效率的变量我们选取了投资资本比 (IK), 这代表了资本更新速度, 我们可以预测, 资本更新越快, 能源效率越高; 市场化程度, 根据经济学基本理论, 完全竞争市场的资源分配结构是最优效率的。由于中国各地区从计划经济向市场经济过渡的进程并不同步, 因此我们可以利用这一变量的变动来检测市场对效率的影响, 可以预测市场化程度越高, 能源浪费就会越少, 效率会越高。我们还加入了城市人口占总人口的比重来代表城市化水平, 中国拥有世界上最多的农村人口, 目前在进行着规模最大的城市化进程。城市化对能源效率的影响并不确定, 一方面, 集约式的居住方式可能会带来能源更有效的利用, 但另一方面, 最后, 我们加入外商直接投资 (FDI) 和对外

贸易与 GDP 的比值 (OPEN) 两个变量来代表一个地区的对外开放程度会达到经济开放程度 (OPEN)，这里的隐含假设是开放程度越高，会给本地区带来先进的技术和管理经验，从而提高能源效率。

综上所述，能源需求的随机前沿计量模型设定如下式 (7)：

$$e_{it} = \alpha_i + \beta_t trend + \beta_y y_{it} + \beta_p p_{it} + \beta_{pop} pop_{it} + \beta_I ISH_{it} + \beta_S SSH_{it} + \beta_k kl_{it} + v_{it} + u_{it}$$

(7) 式中  $i$  和  $t$  分别表示省份和年份。 $\alpha_i$  代表各省的固定效应。我们采用了 double-log 的函数形式，因此除百分比外的变量均取了对数。而影响能源效率的函数设定为：

$$f(\delta z_{it}) = f(\delta_i ik_{it} + \delta_o open + \delta_m marketindex + \delta_f FDI + \delta_u urban) \quad (8)$$

## 4.2 数据来源说明

本文利用我国28个省市自治区1995年-2011年能源和经济社会发展的面板数据，绝大多数数据来源于公共数据库，如历年的《中国统计年鉴》、和《中国能源统计年鉴》和《新中国60年统计资料汇编》。由于数据原因未包括海南和西藏，重庆被合并到四川内。我国没有统计各省的资本存量变量，因而我们使用了张军等（2004,2007）的数据，对于2008年以后的数据，我们采取了同样的永续盘存方法进行了估计。以货币衡量的变量均利用GDP平减指数调整为1995年价格。对各地区市场化程度的衡量我们采用了樊纲等（2011）度量的市场化指数，这一指数从政府与市场的关系”、“非国有经济的发展”、“产品市场的发育”、“要素市场的发育”以及“市场中介组织和法律制度环境”五个方面采取评分后加权平均获取了一个市场化进程的综合指标，用

以衡量各地区市场化的相对进程。表2给出了各个变量的名称及描述性统计。

表2 主要变量名称及统计性描述

被解释变量	Name	Mean	Std		
			Dev	Min.	Max.
能源消费 (万吨标煤)	E	459 7162	4970	688	32225
<i>能源消费前沿函数</i>					
GDP (亿元, 1995 不变价格)	GDP	459 4363	3879	168	24207
能源价格指数 (1995=100)	P	459 117.47	23.20	84.42	234.4
人口 (万人)	POP	459 4618	2698	481	11625
工业比重	SSH	459 46.52	6.19	25.70	61.50
服务业比重	ISH	459 37.31	6.69	24.60	73.20
资本劳动力比	KL	459 1.62	2.11	0.08	11.40
<i>效率函数</i>					
当年投资与资本存量比	IK	459 0.77	0.43	0.18	2.72
城市人口比重	Urban	459 0.41	0.15	0.08	0.89
FDI 占当年投资比重	FDI	459 0.09	0.09	0.00	0.52
进出口总值与 GDP 比	Open	459 0.27	0.37	0.00	2.05
市场化指数	Market Index	459 3.61	1.88	0.40	9.67

### 4.3 估计方法

传统的随机前沿分析方法存在两个问题，第一，假设效率不随时间变化的。Batis 和Collie (1995) 放松了这个假设，他们假定非负的成本无效率是与特定企业相关的一系列变量的函数，这些变量是可以随时间变动而变化的。但他们没有克服传统方法中的第二个问题，即假定不存在个体固定效应，所有个体相关的效应都被归结为无效率的一部分。正如我们之前讨论的，这种方法会产生两个负面影响，一是对能源无效率的过高估计；更为严重的系数估计结果很有可能产生偏差 (biased)。因而，我们采用Wang和Ho (2011) 提出的固定效应随机前沿模型来克服这两个缺点。

## 5 实证结果

### 5.1 回归结果

为了比较控制固定效应对模型估计的影响，我们分别用 Battese 和 Coelli (1995)以及 Wang 和 Ho (2010) 两种方法分别对模型进行了估计 (以下简称 B-C 方法和 W-H 方法)，结果如表 2. 由于我们使用 double-log 的模型设定，所以系数可以解释为弹性。

首先，比较两种方法的估计结果，最为显著的区别是对能源价格、资本劳动比以及时间趋势变量系数估计符号相反。B-C 方法对价格弹性影响的估计为正，trend 系数显著为正表明技术不仅不存在进步，反而是退步。这些与预期相反的符号一定程度上表明不考虑固定效应



会带来对系数估计的偏差。因此我们采用 W-H 模型的估计结果进行下一步的分析。

表 3 回归结果

	Battese and Coelli (1995)		Wang and Ho (2010)	
	系数估计	P 值	C 系数估计	Z 值
<b>前沿函数</b>				
Constant	-1.817*	0.101		
Price	0.472**	0.026	-0.53***	0.000
GDP	0.440***	0.005	0.31***	0.001
POP	0.302**	0.039	0.49**	0.005
SSH	0.009	0.17	-0.0002	0.967
ISH	0.024***	0.003	0.0074**	0.047
KL ratio	0.015	0.374	-0.0002**	0.029
Trend	0.045**	0.039	-0.03***	0.000
<b>效率函数</b>				
Constant	1.04	4.34		
IK ratio	-0.2	-2.4	-2*	0.124
Urban	0.25	1.55	-1.8**	0.05
FDI	-0.9	-2.3	-1.85**	0.05
Open	-0.1	-0.7	1.31*	0.076
Market Index	-0	-1.6	-0.47***	0.000
Trend	-0.1	-3.3	-0.025***	0.000

使用 W-H 方法估计的结果中，能源需求的价格弹性和收入弹性分别为-0.53 和 0.31，这说明能源是缺乏弹性的正常商品，价格上涨会抑制能源需求，而收入上升会带来能源需求的增加。这些系数的估计与现有文献的估计较为一致。人口增加也是能源需求增加的强劲动

力，人口增加 1%，能源需求增加 0.49%。经济结构对能源需求也有影响，但影响并不如我们预期的显著，工业部门比重上升会增加能源需求，但服务业比重上升会降低能源需求，但这一系数统计上并不显著。资本劳动力变量的系数显著为负，表明资本和能源是替代关系，但因为估计值较小，表明替代程度不高。最后，能源消费以 3% 的年均速度下降，我们可以认为这是来源于技术进步。

效率函数中，如果变量系数为负，表明这一变量减少了无效使用的能源消费，因此对能源效率有正的贡献。正如我们预期，投资占现存资本比重越高，即资本存量更新越快，能源效率就越高。市场化程度越高，能源效率也越高。而经济开发程度对能源效率的贡献为负，这为文献中“污染天堂”的假说提供了间接证据，即发达国家将高耗能、高污染的行业转移到了发展中国家。FDI 和城市化进程也对能源效率有正的影响。

## 5.2 各地区能源效率指标

在获得模型估计结果后，我们可以根据 JonDrow (1982) 年提出的效率评分(Energy Score)公式来计算各省在各个年份的能源使用效率：

$$EF_{it} = \frac{E_{it}^F}{E_{it}} = \exp(-\hat{u}_{it})$$

其中，EF 代表观察能源效率， $E^F$  代表前沿能源使用量。能源效率评分介于 0-1 之间，越接近 1 代表效率越高。

我们首先使用核分布对比一下1995年和2011年能源效率评分的分布变化趋势。可以看出，这一指标在这两年均呈单峰分布且由低值向高值移动，均值由0.65升至0.91，这表明总体来看能源效率有所提升。但在2011年，分布比1995年更为分散，峰值以及附近范围密度降低，反应了各地区能源强度改进的步调并不一致，地区差异在扩大。

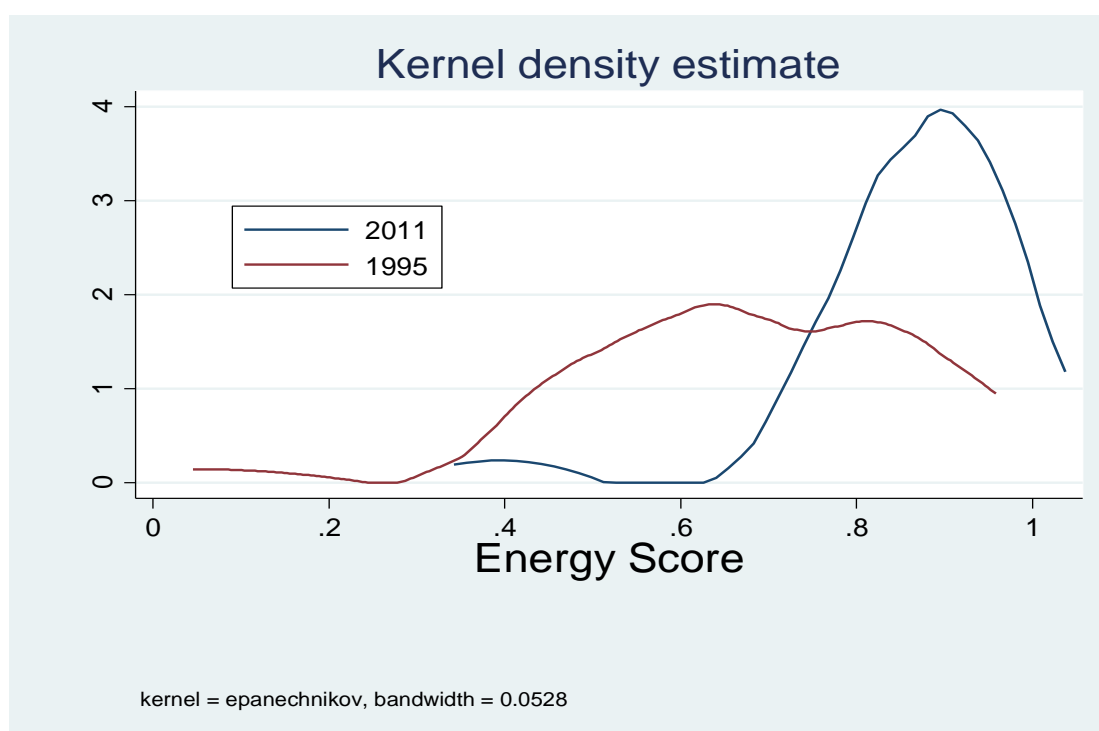


图 1. 各地区能源效率评分分布核密度估计：1995 vs. 2011

下面我们分省市来更为细致的考察各省的能源使用效率评分。限于篇幅，我们在表4给出了1995-2011年各省市的能源使用效率评分的平均测算值及各省市排名。位于前五位的省市是北京、黑龙江、天津、吉林和山西；位于后五位的省市是云南、青海、内蒙古、上海和山东。

表 4. 各省市 1995-2011 年能源效率评分平均值

地区	能源效率评分 (1995-2011 均值)	排名
北京	0.957	1
黑龙江	0.955	2
天津	0.937	3
吉林	0.936	4
山西	0.926	5
陕西	0.900	6
广东	0.845	7
辽宁	0.834	8
甘肃	0.812	9
安徽	0.793	10
新疆	0.767	11
湖南	0.761	12
贵州	0.754	13
湖北	0.737	14
江西	0.718	15
江苏	0.707	16
福建	0.627	17
广西	0.613	18
河南	0.605	19
四川	0.604	20
河北	0.585	21
浙江	0.579	22
云南	0.567	23
青海	0.560	24
内蒙古	0.553	25
上海	0.520	26
山东	0.106	27

能源强度最常用的能源效率指标,但是否是一个好的指标需要进一步探讨。我们对比使用 2011 年度 SFA 方法得到的各省市能源效率评分与能源强度(表 5)。由于能源效率评分处于 0 到 1 之间,是衡量各省市能源相对效率的指标,而能源强度是单位 GDP 的能源消费,二者意义不同,无法直接比较,因此我们通过比较根据这两个指标对各省市能源效率的相对排名。2011 年,能源效率评分给出的排名在前五的省市是北京、黑龙江、吉林、山西和天津;而能源强度给出的排名在前五位的省市是北京、浙江、广东、江苏和上海。对于某些省市,如北京、天津、河北、安徽、江苏、云南,效率评分与能源强度给出的排名非常相似(相差小于 2 位)。但对于绝大多数的省市,这两个指标给出的排名相差较大,如上海,根据能源强度指标其能源效率在全国排在前列(第 5 位),但根据能源效率评分其效率在全国相对落后。两个指标排序相差超过 10 位的省份有 11 个,超过 5 位的省份有 5 个,相差在 3-5 位省市有 5 个。

表 5. 2011 年各省市能源效率评分与能源强度对比

	能源效率评分	排名	能源强度	排名
北京	0.958	1	0.58	1
天津	0.913	5	0.89	7
河北	0.55	20	1.6	22
山西	0.921	4	2.15	27
内蒙古	0.484	24	1.69	24
辽宁	0.786	9	1.48	19
吉林	0.924	3	1.14	17

黑龙江	0.948	2	0.98	10
上海	0.474	26	0.77	5
江苏	0.655	16	0.69	4
浙江	0.56	19	0.6	2
安徽	0.794	8	0.91	8
福建	0.48	25	0.77	6
江西	0.7	15	1.04	12
山东	0.05	27	0.93	9
河南	0.58	18	1.1	15
湖北	0.7	14	1.2	18
湖南	0.74	12	1.09	14
广东	0.77	10	0.65	3
广西	0.54	22	1.12	16
四川	0.59	17	1.08	13
贵州	0.72	13	1.92	25
云南	0.55	21	1.56	21
陕西	0.89	6	1	11
甘肃	0.8	7	1.5	20
青海	0.53	23	2.07	26
新疆	0.76	11	1.68	23

## 6 结论和政策建议

本文利用省际层面 1995-2011 年的经济、社会与能源统计数据，使用固定效应随机前沿分析方法对我国地区间能源效率变动趋势和影响因素进行了分析，从方法论上看，本文改善了 Plippini 和 Hunt (2011,2012) 的分析方法，在估计能源消费的随机前沿模型时，控制

了各省市的固定效应，避免了可能产生的系数估计偏差以及对能源无效率的过高估计。我们得到的主要结论如下：

第一，我们估计的能源需求弹性大约为-0.53，虽然缺乏弹性，但统计上的显著性表明其对价格信号较为敏感。而收入和人口的增加都是能源需求上升的强劲推动力，弹性分别为 0.31 和 0.49。第二，提升能源效率的因素包括资本更新速度、市场化程度、FDI。而经济开放程度和城市化进程对能源效率的提升的影响为负。第三，我国能源效率在 1995-2011 年间整体上呈现上升状态，但各地区之间步调并不一致。第四，在控制了能源价格、收入等一系列因素后，我们将各省的能源效率指标剥离出来，用能源效率评分来表示，和常用的能源强度比较，二者对绝大多数省市的能源效率排名有较大出入。

本文结论具有很强的政策性含义。第一，我国经济持续增长，国民收入稳步提升，对能源的需求会进一步增加。而我国能源价格目前相对偏低，没有真正反映供求关系，能源领域管制非常严重，没有有效的发挥市场对资源的配置作用。在新一轮能源领域改革中，放松管制、改革能源价格定价体系会为引导合理安排我国能源消费起到重要作用。同时，市场化导向的改革会有力地促进能源效率的提升。

第二，我国政府重视提升能源效率，一个重要的政策工具是设定能源强度下降目标并将之在各级政府层层分解，作为地方政府政绩考核的目标之一。能源强度作为能源效率的指标，的确具有计算简单、考核起来易于操作的特点。但能源强度仅仅是能源效率的代理变量，其变动趋势并不一定真正反映能源效率的变动趋势，也无法反映各个

地区之间的相对能源效率。以 2011 年为例，用能源强度衡量的能源效率较高的省份是北京、浙江、广东、江苏和上海，均是经济发达、GDP 总量大的地区，我们很难判断这些省份的能源强度低是由于能源消费相对较少还是 GDP 总量较高的原因。而在控制住 GDP、能源价格、经济结构等因素后，我们计算出来的能源评分指标能更准确的衡量能源效率。根据这一指标得出的各省市的 2011 年能源效率排名与能源强度给出的排名差距很大。中央政府在把节能目标向地方政府分解时候，应该使用更为科学的方法对各省的节能潜力进行更为科学的评估，以做出更好的预测，达到理想的政策效果。而把能源强度简单地作为衡量能源效率的指标可能会发出错误的信号。



## 参考文献

- [1] Ang, B. W. and F. Q. Zhang, 2000. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. *Energy*, 25(12): 1149–1176.
- [2] Filippini M. and Hunt, L. C. (2012). US Residential Energy Demand and Energy Efficiency: A Stochastic Demand Frontier Approach. *Energy Economics* 34 (5): 1484-1491
- [3] Filippini, M. and Hunt, L. C. (2011). Energy demand and energy efficiency in the OECD countries: a stochastic demand frontier approach. *Energy Journal*, 32(2): 59-80.
- [4] Griffin, J. M., 1981. Engineering and econometric interpretations of energy–capital complementarity: comment. *American Economic Review*, 1981(71): 1100–04.
- [5] Griffin, J. M. and P. R. Gregory, 1976. An intercountry translog model of energy substitution Responses. *American Economic Review*, 66(December): 845–57.
- [6] Ma, H., L. Oxley and J. Gibson, 2010. China’s energy economy: a survey of the literature. *Economic Systems*, 34(2): 105–132.
- [7] National Bureau of Statistics (NBS), 1995–2010a. *China Energy Statistical Yearbook*. NBS, Beijing.
- [8] National Bureau of Statistics (NBS), 1995–2010b. *China Statistical Yearbook*. NBS, Beijing.
- [9] Song, F. and Zheng X.Y.. 2012. What drives the change in China’s energy intensity: combining decomposition analysis and econometric analysis at the provincial level, *Energy Policy*, 51(12)
- [10] Zhang, J., G. Wu and J. Zhang, 2004. Estimating China’s provincial capital stock: 1952–2001. *Journal of Economic Research*, 10 (in Chinese).
- [11] Zhang, J., G. Wu and J. Zhang, 2007. Estimating China’s provincial capital stock. Working Paper Series, China Center for Economic Studies, Fudan University.
- [12] 白俊红、江可申、李婧，2009：《应用随机前沿模型评测中国区域研发创新效率》，《管理世界》第10期，第51-61页
- [13] 杜克锐、邹楚沅，2011：《我国碳排放效率地区差异、影响因素及收敛性分析——基于随机前沿模型和面板单位根的实证研究》，《浙江社会科学》第11

期，32-43页

[14] 魏楚、沈满洪，2009：《能源效率研究发展及趋势：一个综述》，《浙江大学学报》第3期，55-63页

供稿：中国人民大学国家发展与战略研究院。所有权利保留。任何机构或个人使用此文稿时，应当获得作者同意。如果您想了解人大国发院其它研究报告，请访问 <http://nads.ruc.edu.cn/more.php?cid=402>。

作者联系方式：宋枫. Email: [songfeng@ruc.edu.cn](mailto:songfeng@ruc.edu.cn)