外商直接投资与能源消费强度非线性关系探究*
——基于开放条件下环境"库兹涅茨曲线"框架的分析

孙浦阳，武力超，陈思阳
（南开大学 经济学院，天津 300071）

摘　要：文章研究了在东道国人均收入水平差异的影响下，FDI 对于降低本国能源消费强度、提高能源利用效率的作用是否相同，并且对这种作用的显著程度和潜在的作用空间进行了分析。文章借鉴"环境库兹涅茨曲线"理论，以人均收入与能源利用效率的非线性模型作为分析框架，使用 1985－2008 年包含 74 个高收入和中低收入国家的全球面板数据进行了实证检验。结果验证了"引入 FDI 能够提高本国的能源利用效率，降低能源消费强度"这一假设，同时，证明了"环境库茨涅茨曲线"理论在能源消费领域的适用性，即人均收入与能源消费强度之间存在"倒 U 型"关系。文章之后通过在模型中引入交叉项验证了更高的人均收入水平能够更好地促进东道国对 FDI 的吸收，从而降低能源消费强度、提高能源利用效率。

关键词：外商直接投资；能源消费强度；人均 GDP；广义矩估计

中图分类号：F124.1　　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-9952(2011)08-0079-12

一、引　言

自 20 世纪 90 年代以来，能源问题，特别是能源利用效率问题逐渐成为与经济增长相伴的一个全球性焦点问题。

能源消费强度指标即单位产出能耗，被视为衡量能源利用效率最为重要的核心指标之一（Mielnik 和 Goldemberg，2002；Cole，2006）。相比能源消费总量指标，能源消费强度将经济发展水平考虑在内，从而可以更好地体现其经济增长效应。因此，探究影响能源消费强度的动因及其影响机制对于提高能源利用效率、实现低碳经济发展具有重要作用。

收稿日期：2011-05-17

基金项目：国家基本科研业务费专项基金项目（NKZXB10035）

作者简介：孙浦阳（1982－），男，江苏连云港人，南开大学经济学院副教授，英国诺丁汉大学 GEP 研究中心研究员；
武力超（1985－），女，山西太原人，南开大学经济学院博士生；
陈思阳（1988－），女，湖北声仙桃人，南开大学经济学院硕士生。

提高能源利用效率,能源技术的应用是关键,而外商直接投资(FDI)作为技术转移的载体之一,成为发展中国家引进新技术的有效方式(Keller,2004)。由于跨国公司往往扮演着先进技术传播者的角色(Borensztein 等,1998),因此 FDI 与东道国能源利用效率的关系受到越来越多学者的关注(Hübler,2010)。

近些年来以新兴经济体为代表的发展中国家竞相吸引外商直接投资以促进本国经济增长,高外商直接投资流入与低能源利用效率的现实矛盾存在于许多发展中国家,究其原因是因为我们忽略了一个重要的影响因素——东道国本身的经济发展水平,外商直接投资的流入能否通过技术转移、生产结构调整等途径有效降低东道国的能源利用效率,取决于东道国本身的经济发展水平,即通常所指的东道国的吸收能力(Alfaro 等,2010)。发展中国家正处于经济高速增长期,但其金融发展水平滞后、人力资本储备短缺、法律制度不健全、基础设施建设不完善等因素都可能成为 FDI 发挥正向外部性作用的桎梏(Alfaro 等,2004,2010;Lee 和 Chang,2009,Borensztein 等,1998),进而影响东道国有效利用 FDI 提高生产技术、改良生产结构、改善政策环境,并进一步降低能源消费强度、提高能源利用效率。

不同于以往研究 FDI 与能源利用关系的文献,本文将充分考虑东道国收入水平差异对 FDI 与能源利用效率关系的影响,更多关注处在不同经济发展水平的国家,FDI 对于降低本国能源消费强度、提高能源利用效率的作用是否相同,并对这种作用的显著程度和潜在的作用空间进行深入的分析,结合发展中国家的实际情况进行有针对性的研究,解开发展中国家面临的 FDI 较高而能源利用效率相对较低的难题。本文采用东道国的人均收入指标作为东道国总体发展水平和对 FDI 有效吸收能力的衡量标准,创新性地借鉴"环境库兹涅茨曲线"理论,以人均收入与能源利用效率的非线性模型作为分析框架,使用 1985－2008 年包含 74 个高收入和中低收入国家的全球面板数据进行实证检验,并采用广义矩估计方法(GMM),较好地控制 FDI、收入水平和能源消费强度指标可能存在的内生性。

本文第二部分将从东道国收入水平差异为切入点,对 FDI 与东道国能源利用效率的作用机制进行深入分析,第三部分为模型设计与变量说明,第四部分为计量估计与检验,最后为结论和政策含义。

二、FDI、收入差异与能源利用效率的机制分析

Shafik(1994)和 Grossman(1995)提出人均收入与环境污染之间的"倒 U 型"关系,即"环境库兹涅茨曲线",意指当一个国家经济发展水平较低时,环境污染程度较轻;但是随着人均收入水平的提高,环境污染由低趋高,环境恶化程度随经济的增长而加剧;当经济发展达到一定水平后,随着人均收入的进

一步增加,对环境的破坏程度会逐渐减缓,环境质量逐渐得到改善。Cole(2006)在贸易开放与东道国能源消费强度关系的研究中首次将“环境库兹涅茨曲线”理论推广并应用于能源消费领域,描述一国能源消费强度与人均收入水平之间的关系。

Hübler 和 Keller(2009)以人均收入的线性模型为基础,使用面板数据探究发展中国家 FDI 与能源消费强度之间的关系,实证结果表明在发展中国家,FDI 与能源消费强度之间不存在显著的线性关系。然而,本文认为其研究中采用人均收入线性方程是欠妥的。尽管依照理论分析,一个经济体的人均国民收入水平与能源消费强度呈“倒 U 型”关系,由于发展中国家人均收入普遍偏低,应处在“倒 U 型”曲线的左侧,即发展中国家人均收入与能源消费强度为正相关关系,但随着人均收入水平的上升,能源消费强度变化率的绝对值有逐渐降低的趋势。因此,为了避免线性模型可能带来的干扰,与传统研究能源消费的文献不同,本文将引入“环境库茨涅兹曲线”的概念,创新性地将其运用到 FDI 流入与东道国能源利用效率关系的研究中,建立包含人均收入二次项的非线性方程,以此为框架验证 FDI 与东道国能源消费强度的关系。

Grossman 和 Krueger(1991)提出贸易与投资的开放对东道国环境的影响可以分解为技术效应(technique effect)、结构效应(composition effect)和规模效应(scale effect),Antweiler(2001)在此基础上建立了效应分解的理论模型,Hübler(2009)进一步提出 FDI 能够通过技术外溢与产业结构优化两条途径影响发展中国家的能源消费强度。①

作为技术转移的主要渠道,FDI 不仅是东道国重要的融资来源,更可以使东道国通过对外来先进技术与专业知识的吸收和利用创造正的外部性(Keller,2004)。

FDI 通过东道国产业结构调整影响能源利用效率的作用机制可以从需求与供给两个方面进行阐释。从需求角度,外资企业的进入会通过后向关联影响国内市场结构,对于发展中国家来讲,一方面由于较高的生产技术和能耗标准,外资企业的产品通常会更加环保,如使用更为环保节能的原材料,这会通过消费习惯的示范效应提升本国消费者对低能耗消费品的需求;另一方面如果进驻本国的外国企业属于低能耗行业,则同样能够通过带动该行业上游产品的需求促使整个行业在当地及周边地区的规模扩张,逐步减少东道国对原有高能耗企业的依赖。从供给角度看,跨国公司进驻东道国市场能够通过多种合作方式促使本土企业进行设备更新、技术改进与生产方式调整,实现东道国资本的重新配置。当中低收入的发展中国家试图通过调整产业结构优化能源在不同产业中的使用、提高社会生产的能源利用效率时,FDI 往往扮演着催化剂的角色。

基于以上分析,从理论上讲,FDI 流入对东道国的能源利用效率具有显著

的拉升作用,可为何在现实中中低收入发展中国家的现状往往是高 FDI 流入与高能源消费强度并存呢?事实上,FDI 的流入对东道国能源利用效率的影响是否显著很大程度上取决于东道国对外来资本的吸收能力,而这种吸收能力又是由东道国社会经济发展中的多种因素共同决定的。Borenszte(1998)强调东道国人力资本的积累在 FDI 技术外溢中的关键作用,认为人力资本水平决定了本土企业吸收外资企业节能环保生产技术的能力,直接影响国内能源领域的技术创新以及对跨国公司低能耗生产工艺的学习和模仿。Alfaro (2004,2010)和 Lee (2010)发现东道国金融发展水平会对 FDI 吸收能力产生显著影响。当本土企业需要进行技术研发或生产设备更新升级以获得能耗更低的生产工艺或需要资产重组进入低能耗产业时,更加完善的金融市场、更为宽松的信贷限制都可以为其提供更好的融资环境,有利于企业获得更充足的资金。也有学者认为东道国基础设施的发展程度决定着 FDI 正向外部性的发挥(Easterly 和 Levine,1995)。完善的基础设施不仅可以更好地吸引外来资本投入到高新技术产业中,更可以在跨国企业技术转移和东道国产业资本流动中提供良好的硬件条件,促进 FDI 通过技术效应和产业结构调整提高东道国能源利用效率。Smarzynska (1999)提出东道国完善的知识产权保护法律法规能够吸引外资企业投入更先进的技术并将其应用于提高能源利用效率中,同时也为该技术在本土市场行业内与行业间的转移提供了制度保障。以中低收入国为主的发展中国家近些年处于经济增长的高速期,但经济总量的快速扩张并不意味着社会经济各要素的全面进步,金融、资本、教育、制度等领域的发展往往滞后于经济规模扩张的步伐,正是这些因素制约着发展中国家对 FDI 的有效吸收能力。

本文将在验证 FDI 流入对东道国能源利用效率影响的基础上,进一步探究这种影响在不同社会经济发展水平的国家是否会有所差异。在 Hübler 和 Keller(2009)的研究中,发展中国家的特殊性没有引起足够的重视,换言之,FDI 与能源消费强度之间的关系可能因发展中国家处于不同的发展阶段而与预期有所差异,这就需要在建立模型时有更加周全的考虑。而本文将重点考虑不同东道国发展的差异以及这种差异对 FDI—能源消费强度作用链的影响,之后对发展中国家进行有针对性的分析,总结 FDI 对中低收入发展中国家能源消费强度影响的特殊性。由于影响东道国对 FDI 吸收能力的因素较多,而在实证分析中将所有因素全部涵盖有一定的困难,基于 Hübler 和 Keller(2009)的研究,我们将人均收入水平作为对东道国总体发展水平和对 FDI 有效吸收能力的衡量指标,同时假定限制东道国有效吸收 FDI 的经济或制度因素随着该国人均收入水平的提高得到改善,从而使得 FDI 的流入可以更好地通过技术转移与优化产业结构为东道国创造正的外部性,并由此显著改善东道国的能源利用状况。如果该假定在实证中能够得到验证,我们就可以解

开目前以中国为代表的发展中国家所面临的高 FDI 与低能源利用效率并存的难题。本文的分析结果对发展中国家对外资本开放、对内环境治理的相关政策制定具有重要的参考价值。

三、模型设计与变量说明

为了验证 FDI 净流入引起的技术效应对东道国能源利用效率的影响并深入探究该影响在人均收入水平不同的东道国发挥作用的效果，本文采用 1985—2008 年包含 74 个高收入和中低收入国家的全球面板数据。本文所有数据均来自世界银行的世界发展指数数据库。为了较为全面地反映近些年来东道国能源消费强度与 FDI 流入之间的关系，本文选取的数据时限为 24 年；在保证数据完整性的前提下本文选定了 74 个经济体，包括工业国、发展中国家以及新兴市场国家。为了有效克服模型中参数内生性因素的影响，我们采用广义矩估计方法。

借鉴 Hübler 和 Keller(2009)的研究，我们首先使用简单线性方程，来观察线性与非线性方程的差异。

$$\begin{aligned} \ln EI_{i,t} = {} & \beta_{fdi} \ln FDI_{i,t} + \beta_{ypc} \ln YPC_{i,t} + \beta_{cvscale} \ln Contlscale_{i,t} \\ & + \beta_{cvcomp} \ln Contlcomp_{i,t} + \beta_{cvtech} \ln Contltech_{i,t} + \beta_{cvopen} \ln Contlopen_{i,t} \\ & + \mu_i + v_t + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \tag{1}$$

其中，i 和 t 分别代表国家(i＝1，2，…，74)和时间(t＝1985，1986，…，2008)。因为 GMM 允许国家固定效应和时间固定效应的存在，所以我们在方程(1)中加入了对应的国家固定效应(μ_i)和时间固定效应(v_t)。

表 1　回归方程中所用到的变量定义

名称	定　义
被解释变量	
EI	能源消费强度：能源使用量/国民收入(单位：1 000GDP)
解释变量	
FDI	外国直接投资比率：FDI/国民收入
YPC	人均收入(2005 年购买力平价水平)
控制变量	
MEXP (Contlscale)	国防开支比率：国防开支/国民收入，衡量东道国经济规模
IND (Contlcomp)	工业附加值比率：工业附加值/国民收入，衡量东道国产业结构
CAP(Contlcomp)	资本形成总额比率：资本形成总额/国民收入，衡量东道国产业结构
EMP(Contlcomp)	工业部门劳动力比率，衡量东道国产业结构
EDU(Contltech)	具有中等教育水平的劳动力比率
TRADE (Contlopen)	贸易规模：贸易总量(出口量＋进口量)/国民收入，衡量东道国开放程度

能源消费强度(EI)亦称单位产值能耗，是指一定时间内一个国家或地区、部门或行业单位产值消耗的能源量，通常以吨(或公斤)油当量(或煤当量)/美元表示，用来衡量经济生产中的能源利用效率。能源消费强度直接反映了该国经济增长对能源的依赖程度。较高的能源消费强度表示将能源转化为经济

产出的价格或成本较高。本文的能源消费强度指标采用每1 000单位国民收入(GDP)的能源使用量。

本文旨在验证 FDI 流入与东道国能源消费强度之间的关系以及东道国人均收入水平在其中的影响。因此,我们将 FDI 净流入占国内生产总值 GDP 的百分比和人均收入水平作为解释变量。

由于东道国自身的生产结构、经济规模等指标对其能源消费强度存在显著影响,因此本文在模型中加入了反映东道国社会经济发展的若干指标。由于高能耗企业大多分布于第二产业,经济体中第二产业在国民生产中所占比重必然会影响该经济体的能源消费强度,因此我们引入工业附加值与第二产业劳动力的比率来衡量东道国的产业结构。更高的工业附加值与第二产业劳动力的比率将导致一国能源消耗增加。另外,东道国的经济规模也会间接影响其能源消费强度,为避免引入 GDP 与解释变量人均收入造成回归方程的多重共线性,我们采用军事开支作为经济规模的衡量指标。此外,资本形成总额、贸易开放度、与具备中等教育水平的劳动力比率则分别从东道国生产要素、市场开放度和人力资本的角度反映这些方面的差异对 FDI 技术外溢吸收能力以及对东道国能源消费强度的影响。本文使用的变量见表 1。

表 2 为本文使用的各种指标的相关系数矩阵。其中,FDI 与能源消费强度呈负相关关系,但相关系数较小。而国防开支、工业附加值、第二产业劳动力比例以及具有中等教育水平的劳动力比例等控制变量对能源消费强度都有一定影响,而且控制变量之间的相关系数较小,这说明所选的控制变量分别从产业结构、经济规模对外开放度等不同层面较为全面地反映了东道国的社会经济发展特征。

表 2 变量的相关系数矩阵

	lei	lypc	lfdi	lmexp	lind	lcap	ltrade	lemp	ledu
lei	1.0000								
lypc	−0.3511	1.0000							
lfdi	−0.0427	0.1854	1.0000						
lmexp	0.2205	−0.1676	−0.1267	1.0000					
lind	0.3992	−0.1125	−0.2143	0.1344	1.0000				
lcap	0.0630	−0.0623	0.0131	−0.0869	0.2459	1.0000			
ltrade	0.0799	0.0741	0.4219	−0.1489	0.0148	0.1907	1.000		
lemp	0.2358	0.1004	−0.1232	−0.0257	0.4453	0.3400	0.121	1.0000	
ledu	0.2661	0.2334	0.0560	−0.1280	0.2101	0.1423	0.276	0.4478	1.000

基于上述分析,在验证线性模型回归结果的基础上,我们以非线性方程为基础,验证能源消费强度、FDI 与东道国人均收入水平的关系。[②]

$$\ln EI_{i,t}=\beta_{fdi}\ln FDI_{i,t}+\beta_{ypc^2}(\ln YPC_{i,t})^2+\beta_{ypc}\ln YPC_{i,t}+\beta_{CV}\ln Contl_{i,t}+\mu_i+V_t+\varepsilon_{i,t} \qquad (2)$$

根据前文的分析,人均收入与能源消费强度之间呈“倒 U 型”曲线关系。

若此推断成立,则应满足 $\beta_{ypc^2}<0$,$\beta_{ypc}>0$。此外,我们将重点观察 β_{fdi} 的符号以确定 FDI 流入与东道国能源消费强度之间的关系。若更高水平的 FDI 流入能够促使东道国降低能源消费强度、提高能源利用效率,则 $\beta_{fdi}<0$;反之,则 $\beta_{fdi}>0$。

在上文的分析中,我们得到“随着东道国人均收入水平的提高,FDI 流入对能源消费强度的影响将更加显著”这一假设。为验证人均收入对 FDI—能源消费强度作用链的加强作用,我们在(2)式的基础上引入 FDI 与人均收入的交叉项,得到:

$$\ln EI_{i,t}=\beta_{fdi}\ln FDI_{i,t}+\beta_{ypc^2}(\ln YPC_{i,t})^2+(\beta_{ypc}+\beta_{ypc\_fdi}\ln FDI_{i,t})\ln YPC_{i,t}+\beta_{CV}\ln Contl_{i,t}+\mu_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\ln EI_{i,t}=\beta_{fdi}\ln FDI_{i,t}+(\beta_{ypc^2}+\beta_{ypc^2\_fdi}\ln FDI_{i,t})(\ln YPC_{i,t})^2+(\beta_{ypc}+\beta_{ypc\_fdi}\ln FDI_{i,t})\ln YPC_{i,t}+\beta_{CV}\ln Contl_{i,t}+\mu_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

这里,我们预期 $\beta_{ypc\_fdi}>0$,$\beta_{ypc^2\_fdi}>0$;同时,(2)式、(3)式和(4)式中 β_{fdi} 的绝对值将会变大,以体现 FDI 对能源消费强度的影响随人均收入的增加而有所加强。

上述模型中,被解释变量均采用能源消费强度的水平值,以探究外国资本的流入量与东道国能源利用效率绝对量之间的关系。接下来,我们将对被解释变量能源消费强度与解释变量 FDI 取一阶差分。由于上述方程中的各个变量是由原始数据取自然对数而得到的,因此差分处理之后我们将得到能源消费强度与 FDI 的变化率之间的关系,如(5)式所示:

$$\Delta\ln EI_{i,t}=\beta_{\Delta fdi}\ln FDI_{i,t}+\beta_{ypc}\ln YPC_{i,t}+\beta_{CV}\ln Contl_{i,t}+\mu_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

其中,$\beta_{\Delta fdi}$ 表示能源消费强度变化率与 FDI 流入变化率的比值,即东道国能源消费强度对该国 FDI 净流入的弹性。同时,我们(6)中保留 FDI 的水平值,得到:

$$\Delta\ln EI_{i,t}=\beta_{\Delta fdi}\Delta\ln FDI_{i,t}+\beta_{ypc}\ln YPC_{i,t}+\beta_{CV}\ln Contl_{i,t}+\mu_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

(5)式和(6)式意在探求外来资本存量与流量的变化对能源消费强度变化趋势所施加的影响。我们力图更深入地研究这种影响在不同收入水平的东道国表现会有何差异,即在不同收入水平的东道国,吸引外资政策对本国生产的能源利用效率的影响长期来看是否会有不同,因此对(5)式和(6)式,我们将会针对人均收入水平对样本国家进行分组,对高、中收入组的回归结果进行比照。

四、实证检验与分析

为了更好地克服回归模型中变量内生性的影响,本文采用 GMM 方法进行估计,其结果见表 3 与表 4。表 3 中,O 组为模仿 Hübler 和 Keller(2009)研究所使用的线性方程的回归结果,O、O(1)、O(2)分别为针对全组国家、中等收入与高收入国家的分组回归结果。与 Hübler 和 Keller(2009)得到的结论不同,在三组结果中,β_{fdi} 均在 1%的水平上显著为负,说明对于各组国家,FDI

流入都能够显著降低了东道国的能源消费强度。值得注意的是,三组结果中 β_{fdi} 绝对值的关系,相比高收入国家组、中等收入国家组中 β_{fdi} 绝对值略小,初步验证了我们之前的假设——FDI对东道国能源利用效率的提升作用在高收入国家更为明显,对此我们会进行更为深入全面的分析。在线性模型的三组回归中,人均收入的系数 β_{ypc} 均不显著,推翻了Hübler和Keller(2009)关于人均收入与能源消费强度之间的线性关系假设。

表3 FDI与能源消费强度的回归结果

被解释变量:lnEI 回归方法:GMM 年限:1986-2008年						
方程	O	O(1)	O(2)	A	B	C
国家	全组	中等收入	高等收入	全组	全组	全组
lnFDI	-0.086*** (-11.4)	-0.076*** (-2.8)	-0.119*** (-5.1)	-0.077*** (-7.4)	-0.18*** (-4.2)	-0.379** (-2.3)
lnYPC	0.0027 (0.4)	-0.0224 (-1.1)	-0.0380 (-1.3)	0.8444*** (5.0)	0.7810*** (3.5)	0.694*** (2.9)
$(\ln YPC)^2$				-0.044*** (-5.0)	-0.041*** (-3.5)	-0.037*** (-2.9)
lnFDI×lnYPC					0.044*** (3.0)	0.221 (1.5)
lnFDI×(lnYPC)						-0.034 (-1.2)
lnMEXP	2.1296*** (8.6)	0.0822 (0.2)	1.7312** (2.1)	2.144*** (9.9)	2.066*** (7.8)	1.982*** (8.3)
lnIND	0.0737** (2.0)	0.1759 (0.8)	0.2957** (2.5)	0.0645 (1.3)	0.0924* (1.8)	0.094* (2.3)
lnCAP	-0.105*** (-2.7)	-0.2189 (-1.6)	-0.1374** (-2.0)	-0.0674 (-1.6)	-0.0282 (-0.6)	0.0108 (0.2)
lnTRADE	0.0059 (0.5)	0.105*** (2.8)	-0.0121 (-0.5)	0.0113 (0.5)	-0.0021 (-0.1)	-0.0071 (-0.4)
lnEMP	0.1218* (1.9)	0.1664 (0.8)	0.2906** (2.0)	-0.127* (-1.7)	-0.188* (-1.7)	-0.1971 (-1.5)
lnEDU	-0.0075 (-0.5)	0.0466 (0.6)	-0.1090 (-1.4)	-0.0329 (-1.1)	0.0000 (0.0)	0.0266 (0.9)

表3的A列显示了非线性基础方程的估计结果,从结果来看,所有的解释变量均在1%的水平上显著,且符号与预期相吻合:$\beta_{ypc^2}<0$,$\beta_{ypc}>0$,验证了人均收入与能源消费强度之间的"倒U型"曲线关系。同时,β_{fdi} 显著为负,再次验证了FDI的流入对东道国能源利用效率存在显著的提升作用。

为验证人均收入水平的提高对FDI—能源消费强度作用链具有正向加强的效果,我们在(3)式和(4)式中引入了人均收入与FDI的交叉项。在B列结果中我们可以看到交叉项系数 β_{ypc_fdi} 显著为正和 β_{fdi} 显著为负且相对于A列的结果其绝对值增加了1.5倍,说明东道国更高水平的人均收入能够促进其更有效吸收FDI所创造的外部性,使FDI降低国内能源消费强度的作用更加突出,同时也解释了为何在现实中吸引大量外来资本的中低收入国家,国内经济的能源利用效率提升效果却差强人意。

表 4　FDI 与能源消费强度的回归结果

被解释变量:ΔlnEI　回归方法:GMM　年限:1985—2008 年						
方程	D	D(1)	D(2)	E	G(1)	G(2)
国家	全组	中等收入	高等收入	全组	中等收入	高等收入
lnFDI				−0.144***	−0.0919	−0.12***
				(−8.1)	(−1.2)	(−4.0)
ΔlnFDI	−0.0258***	−0.0292	−0.018**			
	(−4.5)	(−0.6)	(−1.7)			
lnYPC	0.0156***	−0.0062	0.09***	0.021***	−0.0048	0.0522
	(3.6)	(−0.5)	(3.8)	(6.4)	(−0.3)	(1.5)
lnFDI* lnYPC						
ΔlnFDI* lnYPC						
lnMEXP	2.7858***	1.259**	2.47***	2.055***	1.074**	2.2187***
	(5.8)	(2.9)	(3.3)	(6.2)	(2.4)	(3.7)
lnIND	−0.0562	−0.0459	−0.2106	−0.0968	−0.0593	−0.1361
	(−0.4)	(−0.3)	(−0.6)	(1.5)	(−0.4)	(−0.3)
lnCAP	−0.0158	−0.25***	−0.2046	−0.018	−0.2297***	0.1753
	(−0.6)	(−3.2)	(−1.3)	(−0.5)	(−2.6)	(0.8)
lnTRADE	−0.0485***	0.0321*	−0.0507	−0.033***	0.0350	−0.0229
	(−4.7)	(1.7)	(−3.1)	(−3.8)	(1.5)	(−0.9)
lnEMP	0.1662**	−0.1178	0.3762	0.1816**	−0.1338	0.342
	(2.9)	(−1.1)	(1.6)	(2.5)	(−1.0)	(1.1)
lnEDU	−0.0879***	−0.0551*	0.0510	−0.09***	−0.0447*	0.0005
	(−18.0)	(−2.0)	(1.5)	(−9.0)	(−1.8)	(1.0)

各组回归结果在水平值上验证了 FDI 流入与东道国能源消费强度的关系。为了进一步得到在不同发展水平的东道国,FDI 对其能源利用的影响趋势,以为中低收入国家外资引入提供政策参考,我们将被解释变量与解释变量分别换作能源消费强度与 FDI 流入量自然对数的一阶差分,即东道国能源消费强度与外资流入的变化率,并观察能源消费强度对 FDI 的弹性,见表 4。如表 4D 列所示,$\beta_{\Delta fdi}=-0.0258$,说明 FDI 每增长 1%会引起东道国能源消费强度降低,即能源利用效率提高 2.58%。随后我们对样本国家依照人均收入水平进行分组,D(1)列显示了发展中国家组的回归结果,D(2)对应发达国家组。我们发现在高收入国家,能源消费强度对 FDI 流入的弹性为 1.79%,而在中等收入国家,其估计结果并不显著。这从一个侧面支持了 FDI 对于能源消费强度的影响在发达国家更为显著与稳定的结论。

在 E 列中,我们恢复使用 FDI 的水平值作为解释变量。表 4 的 E 列显示 β_{fdi} 在 1%的水平上显著为负,即能源消费强度的变化率随 FDI 的存量积累而减小。在此基础上,我们再次对高中收入组国家分别进行回归,结果如 E(1)、E(2)列所示。从结果来看,在高收入国家,随着 FDI 存量的增加,能源消费强度变化率会减小,即能源利用效率提高的速度会呈减慢的趋势;而在中等收入国家,这个关系同样是不显著的。特别地,我们分析 FDI 净流入的水平值,即

FDI存量,所衡量的更多是外国资本对东道国融资支持的总体规模。发达国家有更宽松的信贷限制、更完善的融资机制,因此发达国家本土产业进行技术改进、资本重组的融资渠道更为广阔,也就是说,相比发展中国家,在通过技术更新和产业结构调整进一步提高能源利用效率的过程中,发达国家对FDI的依赖更少。从另一个角度来讲,作为补充融资、技术缺口的工具,FDI对于发展中国家能源利用的优化更为重要,意义更为深远。

虽然在(5)式和(6)式中,中等收入国家组 β_{fdi} 与 $\beta_{\Delta fdi}$ 的估计结果并不显著,但从表4的结果我们可以得出这样的推论:尽管组内估计结果不显著,但FDI对于中等收入国家通过资金支持、技术外溢等途径提高能源利用效率依然是不可或缺的。一方面,从目前的发展阶段来看,外来资本的积累能帮助这些国家突破自身融资和技术瓶颈,为进一步提高本国社会经济生产的能源利用效率做铺垫;另一方面,发展中国家的发展水平仍未达到能源消费强度随FDI的积累而趋于稳定的阶段,因此依靠吸引外资来改善本国能源消费状况的政策具有相当的作用空间。

五、结论及政策建议

本文研究了在东道国人均收入的影响下,外商直接投资的流入(FDI)与东道国能源消费强度之间的关系,建立了1985—2008年涵盖74个国家(包括工业国与新兴市场国)的全球面板数据,采用能有效克服经济发展中收入和FDI内生性因素的广义矩估计(GMM)方法。通过一系列的实证分析,本文验证了"引入FDI能够提高本国的能源利用效率、降低能源消费强度"这一假设;同时,我们也证明了"环境库茨涅茨曲线"这一理论在能源消费领域同样适用,即人均收入与能源消费强度之间的关系亦可用"倒U型"曲线来描述。在此基础上,我们通过在模型中引入交叉项来验证更高的人均收入水平能够更好地促进东道国对FDI的吸收,从而降低能源消费强度、提高能源利用效率。更值得注意的是,尽管能源消费强度的变化率与FDI水平值的关系以及能源消费强度对FDI的弹性在中等收入国家组内没有得到显著的估计值,但结合其他实证结果不难发现,在现阶段,FDI不仅对东道国能源利用效率存在显著的积极影响,而且相比发达国家或其他高收入国家,这种影响更具长期效应。这个结论对于发展中国家协调FDI的引入与国内生产的能源利用相关政策具有重要意义。

中国目前的FDI高居世界第二,而能源利用效率却明显低于世界平均水平。然而能源利用效率过低的问题并不是中国所独有的,是任何一个经济体由发展初期到经济高速增长的必经阶段。在经济全球化与绿色经济越来越受重视的当下,如何平衡经济高速增长与能源消耗过度的矛盾已成为新兴市场国家必须面对的严峻问题。随着经济社会全面均衡的发展,中国等新兴发展

中国家将能够更有效地吸收外来资本,并利用其创造的外部性普及新技术应用、优化产业结构,以降低经济增长对能源消费的依赖程度,实现真正意义的可持续发展。

* 感谢南开大学青年科研项目(NKQ09020)的资助。

注释:

①规模效应是指 FDI 或贸易开放通过扩大东道国生产规模影响其能源使用,而在固定规模报酬假设下,规模效应只影响能源使用总量,不会显著拉升或降低能源使用效率。因此这里我们重点讨论 FDI 的技术效应与结构效应。

②为克服异方差,我们对包括被解释变量、解释变量以及控制变量在内的所有指标均取其自然对数。由于 FDI 的净流入可能为负值,我们对该指标进行原数值加一后取自然对数的处理。

参考文献:

[1]何一峰. 转型经济下的中国经济趋同研究——基于非线性时变因子模型的实证分析[J].经济研究,2008,(7):39-51.

[2]齐绍洲,罗威.中国地区经济增长与能源消费强度的差异分析[J].经济研究, 2007,(7):74-81.

[3]齐绍洲,云波,李锴. 中国经济增长与能源消费强度差异的收敛性及机理分析[J].经济研究,2009,(4):56-64.

[4]赵进文,范继涛. 经济增长与能源消费内在依从关系的实证研究[J].经济研究, 2007,(8):31-42.

[5]Mielnik O,Goldemberg J. Foreign direct investment and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries [J].Energy Policy, 2002, 30: 87-89.

[6]Cole M A.Does trade liberalization increase national energy use? [J]. Economics Letters, 2006, 92: 108-112.

[7]Keller W,International technology diffusion[J].Journal of Economic Literature,2004,42(3):752-782.

[8]Borensztein E, De Gregorio J, Lee J-W.How does foreign direct investment affect economic growth? [J]. Journal of International Economics, 1998, 45:115-135.

[9]Hübler M,Keller A. Energy saving via FDI? Empirical evidence from developing countries.[J]. Environment and Development Economics, 2010, 15: 59-80.

[10]Alfaro L,Chanda A,Kalemli-Ozcan S,Sayek S. Does foreign direct investment promote growth? Exploring the role of financial markets on linkages[J].Journal of Development Economics,2010, 91:242-256.

[11]Eskeland G,Harrison A. Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis[J]. Journal of Development Economics, 2003, 70(1):1-23.

[12]Fisher-Vanden K, Jefferson G H, Liu H,Tao Q.What is driving China's decline in energy intensity?[J]. Resource and Energy Economics, 2004, 26: 77-97.

[13]Alfaro L,Chanda A,Kalemli-Ozcan S, Sayek S, FDI and economic growth:The role of local financial markets[J]. Journal of International Economics 2004, 64: 89-112.

[14]Lee C,Chang C, FDI, financial development, and economic growth: international evidence[J]. Journal of Applied Economics.2009,12(2),249-271.

[15]Shafik N.Economic development and environmental quality: An econometric analysis

[J]. Oxford Economic Papers, 1994, 46: 757—773.
[16]Grossman G M, Krueger A B, Economic growth and the environment[J].The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2):353—377.
[17]Grossman G M, Krueger A B.Environmental impacts of a North American free trade agreement[R].NBER Working Paper, No. 3914, 1991.
[18]Antweiler W.Copeland B R, Taylor M S. Is free trade good for the environment?[J]. The American Economic Review, 2001, 91(4): 877—908.
[19]Easterly M, Levine R, Africa's growth tragedy: A retrospective, 1960—1989[R]. World Bank Policy Research Working Paper, No.1503, 1995.
[20]Javorcik B S.The composition of foreign direct investment and protection of intellectual property rights: Evidence from transition economies[J]. European Economic Review 2004, 48(1):39—62.

On the Nonlinear Relationship between FDI and Energy Consumption Intensity in an Open Economy: Analysis Based on the Framework of Environmental Kuznets Curve

SUN Pu-yang, WU Li-chao, CHEN Si-yang

(*School of Economics*, *Nankai University*, *Tianjin* 300071, *China*)

Abstract: This paper studies whether the effects of FDI on the reduction in energy consumption intensity and the increase in energy use efficiency vary with per capita income in host countries, and further analyzes the exertion degree and potential exertion space. By referring to the theory of environmental Kuznets curve, it takes the nonlinear model between per capita income and energy use efficiency as the analytical framework, and makes an empirical study on the basis of global panel data of 74 countries with different development levels from 1985 to 2008. It verifies the hypothesis that the introduction of FDI results in the increase in energy use efficiency and the reduction in energy consumption intensity, and the applicability of the theory of environmental Kuznets curve in energy consumption field, namely an inverted U relationship between per capita income and energy consumption intensity. Furthermore, it introduces interaction terms to confirm that higher per capita income could better promote the absorption of FDI by host countries, thereby reducing energy consumption intensity and raising energy use efficiency.

Key words: FDI; energy consumption intensity; GDP per capita; GMM

(责任编辑 周一叶)