

# FDI 对能源效率的动态影响及其传导机制研究

——基于江苏省 1990—2011 年的经验数据

康立<sup>1</sup>, 邵莉莉<sup>1,2</sup>

(1. 中南财经政法大学 金融学院, 湖北 武汉 430073; 2. 中国农业银行江苏省分行, 江苏 南京 210005)

**[摘要]**以江苏省 1990—2011 年的经验数据为基础, 运用状态空间模型考察 FDI 对江苏省能源效率的动态影响及其传导机制, 实证结果显示: FDI 对江苏省的能源效率存在较稳定的正向影响, 且近些年来这种影响有增强之势; 从传导渠道来看, 技术溢出比产业结构的传导效果更明显; 从传导过程来看, FDI 对江苏省能源效率的影响均在两种传导渠道的第一个环节发生了减损。因此, 完善投资环境、增强地区经济建设、引导 FDI 转向服务业是江苏省利用 FDI 有效提高能源效率的应有之义。

**[关键词]** FDI; 能源效率; 技术进步; 产业结构; 区域经济; 外商直接投资; 全要素生产率

**[中图分类号]** F832.6; F206 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8750(2015)04-0026-10

## 一、引言

自改革开放以来, 江苏省一直是我国经济发展的排头兵, 其区域经济已成为我国重要的经济发展极和辐射极。同时, 江苏省也是能源消费大省, 能源供需矛盾十分突出, 节能减排成为经济发展中的关键问题。近些年来, 江苏省的能源效率有了很大提高, 2009 年单位 GDP 能耗为 0.761 吨标准煤/万元, 能源利用效率居全国第 5 位。在“十二五”规划中, 江苏省提出了在 2010 年基础上实现能源强度累计下降 18%, 达到 0.594 吨标准煤/万元(2005 年价格)的能效目标<sup>[1]</sup>。由此可见, 江苏省提高能源效率的任务依然十分艰巨。

国内外学者的大量研究表明, 技术进步和产业结构升级对提高能源效率起着决定性作用, 以发达国家或地区为主的外商直接投资(FDI)对促进发展中国家或地区的技术进步、产业结构升级及能源效率提高具有显著影响。Grossman、Krueger 把贸易对环境的影响分解为规模效应、结构效应和技术效应三部分, 后来这种分析框架进一步得到 Antweiler 等的理论支持, 并被用于解释 FDI 对地区能源强度的影响<sup>[2-3]</sup>。国际上讨论较多的是 FDI 的技术溢出对加快当地企业技术革新并进而提高能源利用效率的作用。Saggi 认为外商直接投资给东道国带来了资本和技术, 因此外商企业通常比本土企业的效率更高<sup>[4]</sup>。Mielnik 和 Goldemberg 利用 20 个发展中国家的数据, 通过 OLS 回归分析后发现, 发展中国家的能源强度随着 FDI 的增加而下降, 主要原因是 FDI 技术溢出效应的存在<sup>[5]</sup>。Todo 等以中国的高科技企业为对象研究发现, FDI 的知识溢出效应使得跨国企业中受过研究生教育或海外教育的员工被国内同行业的企业吸收, 从而提高了国内企业的能源效率<sup>[6]</sup>。Hübler 对中国企业的研究结

**[收稿日期]** 2015-01-08

**[基金项目]** 国家社会科学基金项目(11CJY078)

**[作者简介]** 康立(1973—), 女, 湖北武汉人, 中南财经政法大学金融学院副教授, 硕士生导师, 博士, 主要研究方向为金融机构管理、外商直接投资; 邵莉莉(1989—), 女, 山西晋城人, 中国农业银行江苏省分行职员, 中南财经政法大学金融学院硕士生, 主要研究方向为外商直接投资。

果也表明 FDI 在中国的技术溢出对能源利用效率的影响是显著积极的<sup>[7]</sup>。然而, Cole 的研究结果表明, FDI 的技术溢出对能源利用效率的影响并不总是正向的, 而是因东道国的经济规模、经济结构、人力资本、能源价格等的不同有正、有负或不明显<sup>[8]</sup>。

国内学者也从不同角度就 FDI 对能源效率的影响进行了相关研究, 大致分为两大类: 一是从全国层面进行的研究。孙海采用脉冲响应函数模拟了 FDI 对我国能源消费强度的技术进步效率和结构效率的影响程度<sup>[9]</sup>。朱彤、刘叶则进一步考察了不同来源地的 FDI 对不同行业能源效率的影响, 发现在高技术行业中, 港澳台和外商资本均对能源效率的提升具有积极作用, 而在低技术行业中, 外商资本对能源效率的提升具有消极作用<sup>[10]</sup>。二是从地区层面进行的研究。陈媛媛、齐绍洲、续竞秦等学者研究发现, FDI 对我国能源效率的影响存在地区差异<sup>[11-13]</sup>。张伟、吴文元对长三角都市圈 15 个城市的能源效率与其影响因素之间的相关关系进行计量分析后发现, 在环境约束条件下, FDI 对能源效率具有一定的负面影响<sup>[14]</sup>。

已有文献多从静态角度考察 FDI 与能源效率之间的关系, 而对它们之间的动态关系及传导机制进行实证研究的却不多。为此, 本文拟基于江苏省的经验数据, 着重考察 FDI 对能源效率在不同时点上的动态影响及其传导机制。鉴于众多学者的研究早已涉及 FDI 通过规模效应对能源效率产生影响, 本文侧重于从技术溢出效应和产业结构效应这两个层面就 FDI 对能源效率影响的传导路径进行理论分析和实证检验。

## 二、FDI 影响能源效率的传导机制

### (一) FDI 通过技术溢出效应影响能源效率

外商直接投资的技术溢出效应对东道国能源效率的影响主要是通过影响东道国企业的全要素生产率来实现的。全要素生产率代表广义的技术进步, 因为总的来说, FDI 可以使东道国的技术水平、组织效率和管理技能得到不断提高。目前对于 FDI 技术溢出这一问题的研究框架有水平联系和垂直联系两种: 水平联系主要发生在行业内外商企业和东道国企业之间, 即行业内溢出; 垂直联系主要发生在行业间外商企业和东道国企业之间, 即行业间溢出。

#### 1. FDI 的行业内技术溢出

FDI 提升行业内东道国企业的能源效率主要是通过示范效应、人员流动和竞争效应来实现的: (1) 示范效应。示范效应是指外商企业与东道国企业之间存在技术差距, 东道国企业通过复制或者模仿外资企业的新技术和组织方法来实现技术的提升。随着外商企业在当地的全面运行, 相继产生了管理方式、营销理念和盈利模式等方面的示范效应。(2) 人员流动效应。人员流动效应主要是指在外企就职并接受过较好培训的人才流向东道国企业所产生的技术和知识溢出, 这种溢出可以直接提升东道国企业的技术水平。(3) 竞争效应。竞争效应是指外企进入东道国后加剧了市场竞争程度, 从而迫使东道国企业改进现有生产方式或采取新的效率更高的生产方式来利用资源, 推动技术效率的提高。

#### 2. FDI 的行业间技术溢出

FDI 对行业间东道国企业能源效率的影响主要是通过行业间的商业交往实现的, 往往表现为外企和内企之间的“客户—供应商”关系。根据东道国企业和外商企业在产业价值链中的相对位置, 这种溢出效应可分为后向溢出效应和前向溢出效应: 当东道国企业在价值链中处于外商企业上游时, 外商企业通过设立技术标准、采购标准和向上游企业提供技术性帮助等形式使上游企业获得先进技术, 这种技术溢出效应叫作后向关联效应; 当东道国企业在价值链中处于外商企业下游时, 东道国企业通过购买外商企业技术含量高的中间产品来实现后续生产环节的技术升级和生产效率的提高, 这种技术溢出效应则称为前向关联效应。

## (二) FDI 通过产业结构效应影响能源效率

外商直接投资对东道国的产业结构也有着深刻的影响,而产业结构的变化最终会影响东道国的能源效率。FDI 对东道国产业结构的影响可以概括为以下几点:(1) FDI 的引入弥补了东道国的国内资金缺口,具有资本形成效应。一方面,东道国可以利用外资购买先进的技术装备等来提升国内产业的整体水平;另一方面资本的形成能够促进东道国经济的发展,进而引起东道国人均收入水平的提高、消费结构的升级,最终实现产业结构的升级。(2) FDI 通过技术转移和技术溢出为东道国带来了先进的技术、管理经验、服务水平等,这有利于东道国产业技术水平的提升。(3) 外资企业的进入加剧了东道国国内市场的竞争,竞争效应使得低效率的产业逐渐被淘汰,最终实现了资源的优化配置,促进了产业结构的合理化和高效化。(4) FDI 能够改善东道国资源的质量,提升东道国的投资结构。

## 三、江苏省 FDI 与能源效率现状

### (一) 江苏省 FDI 的发展现状及其产业投向特点

2003 年江苏省实际利用 FDI 首次超过广东省,跃居全国第一,截至 2011 年,江苏省实际利用 FDI 金额连续 9 年居全国首位,图 1 反映了自 20 世纪 90 年代以来江苏省实际利用 FDI 的发展趋势。从图 1 可以看出,整个 90 年代江苏省实际利用 FDI 呈现出迅速增长的趋势,从 2002 年起 FDI 持续强劲增长,增长速度远远超过了 20 世纪 90 年代。

江苏省实际利用 FDI 在三类产业中的分布也具有明显的不平衡性。从图 2 可以看出,江苏省的 FDI 主要集中在第二产业,70% 以上的 FDI 流向了第二产业,远远高于流向第一产业和第三产业的 FDI 所占比重。然而,近几年来,FDI 向金融、商业、公共事业等第三产业的流入速度加快,投资的产业结构有所改善。

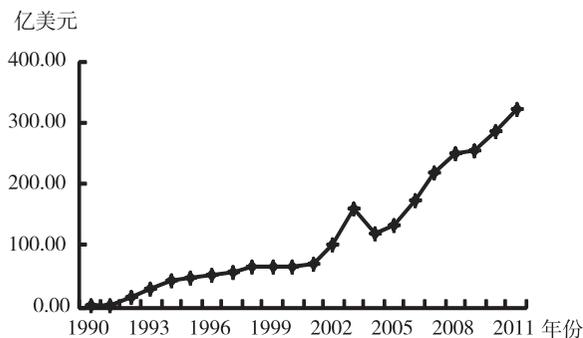


图 1 江苏省实际利用 FDI 的发展趋势

注:数据来源于《江苏省统计年鉴》(1990—2011 年)

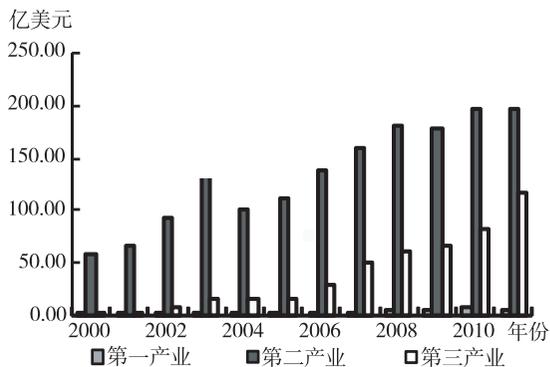


图 2 江苏省实际利用 FDI 的产业分布

注:数据来源于《江苏省统计年鉴》(1990—2011 年)

### (二) 江苏省能源效率的变化趋势及其产业差异

本文采用能源强度(单位 GDP 能耗)的倒数来反映江苏省的能源效率,江苏省与全国的能源效率以及江苏省三类产业的能源效率的比较分别见图 3 和图 4<sup>①</sup>。如图 3 所示,与全国能源效率平均水平进行对比可以发现,江苏省与全国的能源效率在变化趋势上十分类似,1990—2011 年总体上呈上升趋势,但江苏省的能源效率明显高于全国平均水平。

江苏省三大产业的能源效率如图 4 所示。由图 4 可知,江苏省第二产业的能源效率远远低于第一产业和第三产业,第一产业的能源效率最高。从变动趋势来看,第二产业能源效率的波动比较稳

<sup>①</sup>图 3 和图 4 中的数据是通过计算 GDP 与能源消费总量的比值而得,GDP 和能源消费总量数据来自《中国统计年鉴》和《江苏省统计年鉴》(1990—2011 年)。

定,第一产业和第三产业的能源效率近些年来呈现出显著的上升趋势。由以上分析可知,第二产业属于高能耗产业,第一产业和第三产业属于低能耗产业。由于第一产业的经济总量和能源消耗在整体中只占很小的比例,对整体能源效率变化的影响不大,因此江苏省整体能源效率的提高主要还是依赖于能耗较低的第三产业的发展。

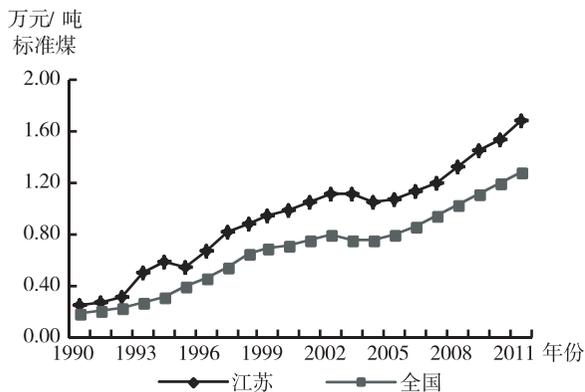


图3 江苏省与全国的能源效率

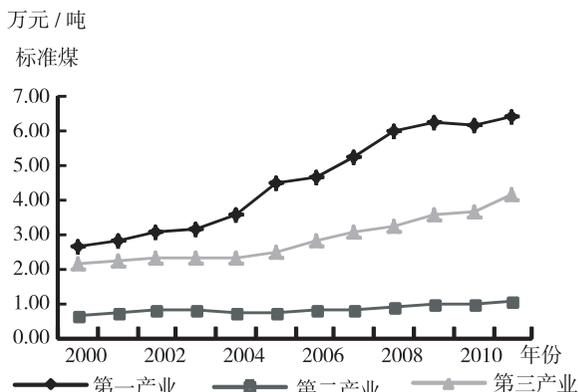


图4 江苏省三类产业的能源效率

#### 四、实证检验

##### (一) 指标选取和数据说明

本文首先考察 FDI 对江苏省能源效率的动态影响,然后分别从技术溢出和产业结构两种传导渠道就 FDI 对江苏省能源效率的影响进行实证检验,所选变量指标如下:(1)能源效率,即能源强度(单位 GDP 能耗)的倒数。这一指标的计算公式为能源效率 = 地区生产总值(亿元)/能源消费总量(万吨标准煤),记为  $ee$ 。指标值越大,能源效率越大,反之亦然。(2)FDI,即外商直接投资。这一指标采用江苏省外商实际投资额来表示,记为  $fdi$ 。(3)技术进步。这一指标采用全要素生产率来表示,记为  $tfp$ 。(4)产业结构。这一指标选取江苏省第二产业生产总值占地区生产总值的比重、第三产业生产总值占地区生产总值的比重来表示,分别记为  $y_2, y_3$ 。

本文以 1990—2011 年为样本区间,样本数据来源于《中国统计年鉴》和《江苏省统计年鉴》。我们将外商直接投资额根据各年的平均汇价换算成人民币进行计价,然后以固定资产投资价格指数(1989 年 = 100)为基数进行调整。由于《江苏省统计年鉴》自 1991 年起才开始公布固定资产投资价格指数,故 1990 年的固定资产投资价格指数用商品零售价格指数来替代。地区生产总值以 CPI 价格指数(1989 年 = 100)为基数进行调整,第二产业和第三产业的生产总值各占地区生产总值的比重按当年价格计算获得。同时,为了减小或消除异方差的影响,我们对各个变量的时间序列取自然对数,分别记为  $ln ee, ln fdi, ln tfp, ln y_2, ln y_3$ ,在此基础上采用 ADF 单位根检验方法对各个变量进行平稳性检验,由此得到的所有序列均为  $I(1)$  序列。

##### (二) 全要素生产率的测算

全要素生产率(TFP)是衡量一个地区经济运行状况和反映该地区技术进步或技术效率等的综合指标,表现为在对经济增长的贡献上不能由要素投入增长来解释的产出增长部分。本文采用传统的索洛残值法来测算江苏省的全要素生产率,索洛的总量生产函数可以表示为  $Q = F(K, L, A)$ ,且总量生产函数满足中性技术进步的假定。因此,我们采用含有中性技术进步的柯布—道格拉斯生产函数来表示,其表达式如下:

$$Y(t) = A(t)K^\alpha(t)L^\beta(t) \tag{1}$$

在式(1)两边取自然对数,我们可以得到进行全要素生产率测算的基础形式:

$$\ln Y(t) = \ln A(t) + \alpha \ln K(t) + \beta \ln L(t) \quad (2)$$

在式(2)中,  $\alpha$ 、 $\beta$  分别表示资本和劳动的产出弹性。由于中性技术进步的要求是  $\alpha + \beta = 1$ , 但在现实经济中技术进步是广泛存在的, 因此若  $\alpha + \beta \neq 1$ , 则需要对  $\alpha$  和  $\beta$  进行正规化处理, 即令  $\alpha_k = \alpha / (\alpha + \beta)$ ,  $\beta_k = \beta / (\alpha + \beta)$ 。

我们由式(1)可得到  $A(t) = Y(t) / [K^\alpha(t)L^\beta(t)]$ , 其中  $A(t)$  表示第  $t$  年的技术水平, 即全要素生产率;  $Y(t)$  为产出, 用江苏省地区生产总值来表示, 这里的地区生产总值也是以 1989 年的价格指数为基数进行调整;  $L(t)$  为劳动要素投入, 用江苏省历年从业人数来表示;  $K(t)$  为资本要素投入, 采用资本存量来表示。由于目前我国还没有资本存量  $K(t)$  方面的权威数据, 故本文采用永续盘存法进行计算得到该数据, 计算公式为  $K(t) = I_t / P_t + (1 - \delta)K(t - 1)$ , 其中  $I_t$  是  $t$  期以当期价格计算的全社会固定资产投资额,  $P_t$  是固定资产价格指数,  $\delta$  是折旧率。基期资本存量采用国际常用方法来计算, 即  $K_0 = I_0 / (g + \delta)$ , 其中  $g$  是样本期内真实投资的年平均增长率,  $\delta$  是综合折旧率。根据我国实际情况, 综合折旧率一般采用 5% 的标准。

我们根据式(2)对实际地区生产总值( $Y$ )、资本存量( $K$ )和从业人数( $L$ )利用最小二乘法进行回归, 得到生产函数的估计式为:

$$\begin{aligned} \ln Y = & -3.37710.8289 \ln K + 0.5306 \ln L \\ & (-3.6291^{***})(35.0508^{***})(4.8318^{***}) \textcircled{1} \\ R^2 = & 0.99 \quad se = 0.03 \quad DW = 2.05 \end{aligned}$$

从以上结果可以看出, 生产函数方程的回归结果显著, 拟合优度也很高, 而且不存在序列相关。

江苏省在 1990—2011 年资本投入的产出弹性  $\alpha = 0.8289$ , 劳动的产出弹性为  $\beta = 0.5306$ ,  $\alpha + \beta > 1$ , 因此我们需要对其进行正规化处理, 即  $\alpha_k = \alpha / (\alpha + \beta) = 0.61$ ,  $\beta_k = \beta / (\alpha + \beta) = 0.39$ , 并以此计算得到江苏省 1990—2011 年的全要素生产率, 具体如表 1 所示。

表 1 江苏省 1990—2011 年全要素生产率

年份	全要素生产率	年份	全要素生产率
1990	0.5422	2001	0.8913
1991	0.5425	2002	0.9264
1992	0.6207	2003	0.9568
1993	0.6818	2004	0.9996
1994	0.7547	2005	1.1058
1995	0.8641	2006	1.1478
1996	0.9167	2007	1.1848
1997	0.9548	2008	1.2477
1998	0.9275	2009	1.2828
1999	0.8947	2010	1.3205
2000	0.8890	2011	1.3804

(三) FDI 对能源效率的动态影响

本文基于状态空间模型和卡尔曼滤波的可变参数模型计算求出 FDI 对江苏省能源效率在样本区间内不同时间上的动态影响。本文通过平稳性检验得知 FDI 和能源效率均为  $I(1)$  序列, 因此需要对这些变量进行协整检验, 以检验变量是否满足格兰杰因果关系和状态空间模型的建模要求。本文采用 Johansen 协整检验法对变量进行协整检验, 最佳滞后期为 1, 检验结果如表 2 和表 3 所示。

表 2 *lnfdi* 和 *lnec* 的 Johansen 协整检验结果

原假设	特征值	迹检验统计量	5% 临界值	P 值
没有协整关系	0.7670	32.6412	15.4947	0.0001***
最多存在一个协整关系	0.1610	3.5109	3.8415	0.0610*

注: \*\*\*、\*\*、\* 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。下同。

表 3 *lnfdi* 和 *lnec* 的 Granger 因果关系检验结果

	观测数	F 统计量	P 值
<i>lnfdi</i> 不是 <i>lnec</i> 的 Granger 原因	21	3.8001	0.0470**
<i>lnec</i> 不是 <i>lnfdi</i> 的 Granger 原因		0.2490	0.6238

表 2 的协整检验结果表明, 在 5% 的显著性水平下, FDI 和能源效率之间存在一个协整关系。表 3 的 Granger 因果关系检验结果表明, 在同样的显著性水平下, 变量之间存在单向因果关系, 即 FDI 是能源效率的 Granger 原因。这说明从长期来看, FDI 对能源效率的影响是存在的。

①括号内为  $t$  统计量, \*\*\*、\*\*、\* 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

协整关系的存在为我们进一步考察 FDI 对能源效率的动态影响提供了基础,通过构建 FDI 与能源效率之间的时变参数的状态空间模型,我们得到 FDI 对能源效率影响的状态空间模型的估计结果:量测方程  $Inee_t = -1.7591 + \beta lnfdi_t$ , 状态方程  $\beta_t = 0.9982\beta_{t-1}$ 。

我们通过对估计结果中各指标的分析发现,本文所选样本较好地拟合了模型。图 5 中的 SV1F 为能源效率对 FDI 的弹性系数  $\beta_t$  在 1990—2011 年的变化趋势,总的来看,能源效率对 FDI 的弹性较为稳定,在 0.15~0.30 范围内变动,这表明 FDI 的引入对江苏省能源效率的提高具有较为稳定的积极作用。变动趋势可以分为三个阶段:第一阶段是 1990—2001 年,除个别年份的弹性有所下降外,整体呈现明显的上升趋势,这表明在这一阶段随着江苏省 FDI 的引进,FDI 对能源效率提高的促进作用愈来愈强。这是因为在 20 世纪 90 年代初,国家对 18 个内陆省会城市的外商直接投资提供了更为自由的市场准入条件。在这种背景下,江苏省开始大量引进 FDI,FDI 在这一时期增长迅速,且其对能源效率的正面作用得到了很好的发挥。第二阶段是 2002—2008 年,能源效率对 FDI 的弹性变化比较稳定,而且比前一阶段有所弱化,原因可能是在江苏省 FDI 强劲增长的态势下,对 FDI 溢出效应的吸收速度落后于其数量增长的速度,这致使 FDI 对能源效率的作用强度暂时进入相对稳定且略有下降的时期。第三阶段是 2009 年以后,能源效率对 FDI 的弹性再次有了较为明显的上升,并且有超越第一阶段的趋势。由此说明,随着江苏省引进和利用 FDI 水平的提高,FDI 对提高能源效率的促进作用势必会越来越明显。

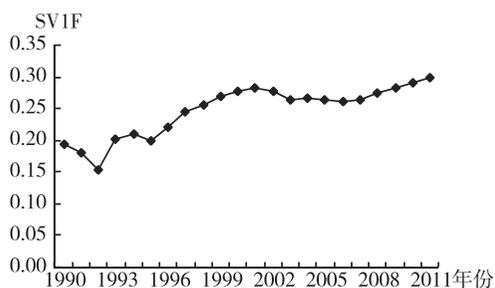


图 5 能源效率对 FDI 弹性的时变轨迹

(四) FDI 影响能源效率的传导机制

1. 技术溢出传导渠道

分析 FDI 通过技术溢出渠道影响能源效率的第一个步骤是考察 FDI 对技术进步的动态影响,第二个步骤是考察技术进步对能源效率的动态影响。与前面的分析类似,本文首先确定最佳滞后期,然后对变量进行 Johansen 协整检验,在此基础上进行 Granger 因果检验并建立状态空间模型。

表 4 lnfdi 和 lntfp 的 Johansen 协整检验结果

原假设	特征值	迹检验统计量	5% 临界值	P 值
没有协整关系	0.7670	29.9425	15.4947	0.0002***
最多存在一个协整关系	0.0396	0.8083	3.8415	0.3686

(1) FDI 对技术进步的动态影响

经检验,FDI 对技术进步影响的最佳滞后期为 1。表 4 和表 5 分别为变量 lnfdi 和 lntfp 的 Johansen 协整检验结果和 Granger 因果关系检验结果。从表 4 和表 5 中可以看出,在 5% 的显著性水平下,

表 5 lnfdi 和 lntfp 的 Granger 因果关系检验结果

原假设	观测数	F 统计量	P 值
lnfdi 不是 lntfp 的 Granger 原因	21	0.7898	0.3859
lntfp 不是 lnfdi 的 Granger 原因		0.0791	0.7817

FDI 和技术进步之间存在长期均衡关系,而 Granger 因果检验则表明 FDI 和技术进步之间不存在 Granger 因果关系。

通过构建 FDI 与技术进步之间的状态空间模型,我们得到 FDI 对技术进步影响的状态空间模型的估计结果:量测方程  $lntfp_t = -0.7652 + \beta lnfdi_t$ , 状态方程  $\beta_t = 0.9977\beta_{t-1}$ 。

我们通过对 FDI 的技术效应模型估计结果中各指标的分析可知,样本较好地拟合了模型。如图 6 所示,SV2F 为技术进步对 FDI 的弹性在 1990—2011 年的变化趋势,从图 6 中可以看出,技术进步对 FDI 的弹性在 0.06~0.14

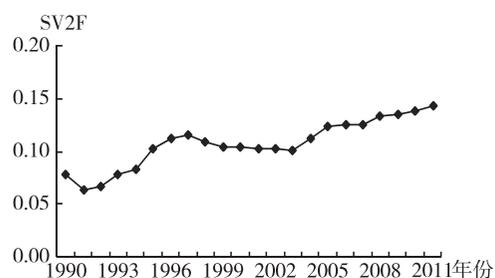


图 6 全要素生产率对 FDI 弹性的时变轨迹

之间波动,且弹性系数均为正,可见在样本期内 FDI 确实促进了技术进步。就弹性变动趋势而言,技术进步对 FDI 的弹性在 20 世纪 90 年代以来整体呈上升趋势,特别是 90 年代初 FDI 在江苏省的迅速发展使得 FDI 的技术溢出效应初步显现。20 世纪末 21 世纪初,技术进步对 FDI 的弹性有所回落,但回落不大,直到 2004 年左右一直保持较为平稳的态势。2005 年以后,技术进步对 FDI 的弹性重新呈现明显的上升趋势,而且弹性值超过了 2005 年以前的峰值。总之,在样本期间内,FDI 对技术进步的作用效力虽然较小,但近几年来 FDI 对技术进步的促进作用越来越明显,其作用力度随着 FDI 的增加而增强。

(2) 技术进步对能源效率的动态影响

经检验,技术进步对能源效率影响的最佳滞后期为 3。Johansen 协整检验结果(见表 6)和 Granger 因果关系检验结果(见表 7)表明,在 5% 的显著水平下技术进步和能源效率之间存在长期均衡关系,而且技术进步是能源效率的 Granger 原因。这说明从长期来看,技术进步会影响能源效率的升降。

通过构建技术进步与能源效率之间的状态空间模型,我们得到技术进步对能源效率影响的状态空间模型的估计结果:量测方程  $Inee_t = -0.7655 + \beta_1 Intfp_t$ , 状态方程  $\beta_t = 0.9912\beta_{t-1}$ 。

在技术进步与能源效率的状态空间模型估计结果中,我们通过对各指标的分析可知,样本较好地拟合了模型。如图 7 所示,SV3F 为能源效率对技术进步的弹性的变动趋势。总的来看,能源效率对技术进步的弹性的波动幅度较大,在 0.05 ~ 0.5 之间变动,而且弹性在样本期内均为正,这说明技术进步对能源效率的提高存在显著的促进作用。具体来看,能源效率对技术进步的弹性变化分为三个时期:1900—1993 年这一段时期弹性呈现上升趋势,且上升速度较快,1994 年以后弹性开始缓慢下降,波谷出现在 2004 年左右,为 0.058。自 2005 年起弹性开始上升,直至 2011 年一直保持快速上升趋势,并且有继续上升的势头。总之,技术进步对能源效率的影响日益重要,其是提高能源效率的关键因素。

2. 产业结构传导渠道

FDI 通过产业结构渠道影响能源效率这一过程分为两个环节:FDI 对产业结构的影响和产业结构比例变化对能源效率的影响。

(1) FDI 对产业结构的动态影响

本文采用第二产业和第三产业生产总值分别占地区生产总值的比重( $y_2$ 、 $y_3$ )来反映产业结构的变化。首先,我们分别检验 FDI 和  $y_2$ 、FDI 和  $y_3$  这两对变量之间是否存在协整关系,结果见表 8 和表 9,最佳滞后期分别为 2 和 1。Johansen 协整检验结果表明:在 5% 的显

表 6  $Inee$  和  $Intfp$  的 Johansen 协整检验结果

原假设	特征值	迹检验统计量	5% 临界值	P 值
没有协整关系	0.6859	21.0022	15.4947	0.0067 ***
最多存在一个协整关系	0.0086	0.1549	3.8415	0.6939

表 7  $Inee$  和  $Intfp$  的 Granger 因果关系检验结果

原假设	观测数	F 统计量	P 值
$Intfp$ 不是 $Inee$ 的 Granger 原因	19	11.4956	0.0008 ***
$Inee$ 不是 $Intfp$ 的 Granger 原因		1.0100	0.4221

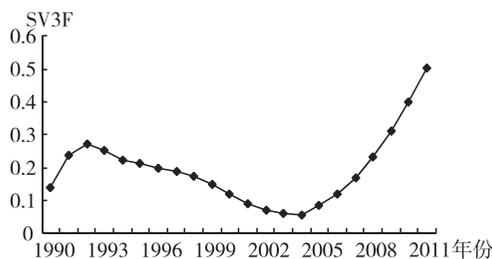


图 7 能源效率对全要素生产率弹性的时变轨迹

表 8  $Infdi$  和  $Iny2$  的 Johansen 协整检验结果

原假设	特征值	迹检验统计量	5% 临界值	P 值
没有协整关系	0.3676	13.2133	15.4947	0.1072
最多存在一个协整关系	0.2112	4.5077	3.8415	0.0337 **

表 9  $Infdi$  和  $Iny3$  的 Johansen 协整检验结果

原假设	特征值	迹检验统计量	5% 临界值	P 值
没有协整关系	0.6427	22.8353	15.4947	0.0033 ***
最多存在一个协整关系	0.1065	2.2516	3.8415	0.1335

著性水平下,FDI和 $y_2$ 之间不存在协整关系,而FDI与 $y_3$ 之间存在协整关系,这说明FDI与 $y_3$ 之间存在长期均衡关系,但Granger因果检验(见表10)表明两变量之间不存在Granger因果关系。由于FDI与第二产业生产总值所占比例之间不存在长期均衡关系,因此本文认为FDI主要是通过第三产业生产总值所占比重的变化来影响能源效率,因此下文主要考察 $y_3$ 与相关变量之间的关系。

通过构建FDI与 $y_3$ 之间的状态空间模型,我们得到FDI对 $y_3$ 影响的状态空间模型的估计结果:量测方程  $\ln y_3_t = -1.3703 + \beta \ln fdi_t$ , 状态方程  $\beta_t = 0.9961\beta_{t-1}$ 。

在FDI与 $y_3$ 的状态空间模型估计结果中,我们通过对各指标的分析发现样本较好地拟合了模型。如图8所示,SV4F为 $y_3$ 对FDI的弹性的变动趋势。从图8中可以看出, $y_3$ 对FDI的弹性在0.01~0.07之间变动,FDI对 $y_3$ 存在正向影响,这说明FDI的引入有利于第三产业生产总值占地区生产总值比重的增加。就变动趋势而言,在样本区间内, $y_3$ 对FDI的弹性除1994年和2004年有两次明显的下降外,整体呈上升趋势。总而言之,FDI的引入有利于江苏省第三产业的发展,而第三产业的发展有利于产业结构的升级,因此FDI的引入有利于促进江苏省产业结构的升级且这一作用将越来越明显。

(2)产业结构比例的变化对能源效率的动态影响

表11和表12分别给出了 $\ln ee$ 和 $\ln y_3$ 的Johansen协整检验和Granger因果关系检验,最佳滞后期为1。检验结果表明:在5%的显著性水平下,第三产业生产总值所占比重的变化与能源效率之间存在长期均衡关系,而且前者是后者的Granger原因,这说明从长期来看,第三产业生产总值所占比重的变化会影响能源效率的升降。

通过构建能源效率与 $y_3$ 之间的状态空间模型,我们得到 $y_3$ 对能源效率影响的状态空间模型的估计结果:量测方程  $\ln ee_t = 1.6324 + \beta_1 \ln y_3_t$ , 状态方程  $\beta_t = 0.9884\beta_{t-1}$ 。

在能源效率与 $y_3$ 的状态空间模型估计结果中,我们通过对各指标的分析可知,样本较好地拟合了模型。如图9所示,SV5F为能源效率对 $y_3$ 的弹性的变动趋势。从图9中可以看出,能源效率对 $y_3$ 的弹性在0.07~0.50之间以递减的速度呈上升趋势,这说明第三产业生产总值所占比重的增加对能源效率的提高存在显著的正向作用,而且其作用效力逐年增强,但是这种作用效力的增长速度在逐年减小。

表10  $\ln fdi$ 和 $\ln y_3$ 的Granger因果关系检验结果

原假设	观测数	F统计量	P值
$\ln fdi$ 不是 $\ln y_3$ 的Granger原因	21	1.7E-05	0.9968
$\ln y_3$ 不是 $\ln fdi$ 的Granger原因		2.5797	0.1256

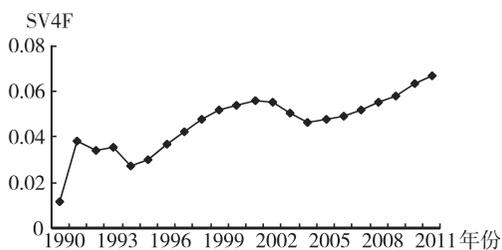


图8  $y_3$ 对FDI弹性的时变轨迹

表11  $\ln ee$ 和 $\ln y_3$ 的Johansen协整检验结果

原假设	特征值	迹检验统计量	5%临界值	P值
没有协整关系	0.5706	18.5744	15.4947	0.0166**
最多存在一个协整关系	0.0801	1.6688	3.8415	0.1964

表12  $\ln ee$ 和 $\ln y_3$ 的Granger因果关系检验结果

原假设	观测数	F统计量	P值
$\ln y_3$ 不是 $\ln ee$ 的Granger原因	21	6.7495	0.0182**
$\ln ee$ 不是 $\ln y_3$ 的Granger原因		0.1646	0.6898

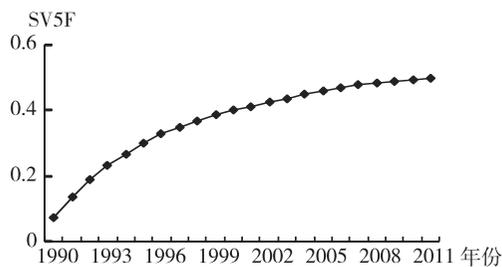


图9 能源效率对 $y_3$ 弹性的时变轨迹

## 五、结论与政策建议

本文基于1990—2011年的数据,利用状态空间模型考察了FDI对江苏省能源效率在样本区间内不同时间点上的动态影响。在此基础上,本文基于技术溢出和产业结构两种传导渠道考察了FDI影响能源效率的传导效果。本文所得主要结论如下:

第一,FDI对江苏省的全要素生产率、第三产业生产总值所占比重和能源效率均存在正向作用,而且这三种作用效力在样本区间内整体呈上升趋势。特别是近几年来,随着江苏省FDI的迅速发展,FDI对技术进步、产业结构升级和能源效率提升的促进作用日益增强,同时技术进步、产业结构升级反过来也促进了能源效率的进一步提升。以上结论说明,江苏省引入的FDI确实通过技术溢出效应和产业结构效应对能源效率的提升发挥了积极作用,未来全省应继续提高引入FDI的规模和质量,以促进能源效率的进一步提高。

第二,从传导渠道来看,FDI对技术进步的作用效力明显大于其对产业结构的作用效力,而技术进步对能源效率的作用效力与产业结构对能源效率的作用效力变动范围基本一致。综合来看,与产业结构渠道相比,FDI通过技术溢出渠道对能源效率的传导效力更强,这是因为江苏省在科技创新和劳动力素质方面都居全国前列,因此FDI的技术溢出效应对能源效率的提升作用更加明显。

第三,从传导渠道的各个环节来看,FDI对技术进步的作用效力小于技术进步对能源效率的作用效力,FDI对产业结构的作用效力亦小于产业结构对能源效率的作用效力,这说明FDI对江苏省能源效率的作用效力均在两种传导渠道的第一个环节发生了减损,而且FDI的技术溢出效应和产业结构效应在江苏省没有得到充分的吸收和利用。以上结论表明虽然江苏省对FDI的利用水平和能源效率在全国遥遥领先,但其在技术创新环境和产业结构方面还不够完善,特别是与发达国家和地区相比还存在较大差距,因此影响了FDI技术效应和结构效应的外溢。

基于所得研究结论,本文对江苏省今后引进FDI提出以下政策建议:

第一,完善江苏省的投资环境,注重FDI引进质量。FDI为江苏省能源效率的提高作出了显著贡献,因此江苏省现阶段应进一步利用好外资。一方面应完善江苏省的投资环境,因为投资环境是关系到能否吸收和利用好外资的前提条件。另一方面要更加注重引进的FDI质量。提高引资质量应综合考虑资本、就业、出口、技术等因素,吸引的外资应建立在弥补省内投资不足的基础上,应有利于出口和增加就业,并能够提供江苏省急需的技术,以提高江苏省的自主创新能力。

第二,加强地区经济建设,以提高对FDI的吸收能力。跨国公司对东道国一个地区能源效率的外溢效应受到本地区内资企业吸收能力的制约。尹宗成等认为,本土企业的吸收能力对FDI技术外溢效应的发挥具有明显的抑制作用,熟练劳动力供给相对充裕、本土企业技术水平较高的地区利用FDI的效率更高<sup>[15]</sup>。本文的实证结果表明,FDI的技术外溢效应在提高能源效率方面发挥着日益重要的作用。因此,江苏省应通过有意识地扩大本地市场规模、加强本地的基础设施建设、增加科技研发投入、提高本地劳动者素质和技能、完善本地的市场体系、增强本地内资企业的技术研发能力等来提高自身对FDI外溢效应的吸收能力。

第三,引导FDI从以制造业为重点转向以服务业为重点。本文的实证结果表明,FDI的引入有利于第三产业的发展,进而促进能源效率的提高。从长期来看,在国民经济三大产业结构中,制造业的能源需求压力是最大的,而服务业的能源消耗规模相对较小。然而,FDI流入江苏省第三产业的比重明显偏低,这显然不利于江苏省能源效率的提高。因此,江苏省要正确引导FDI转向以第三产业为重点,着重促进第三产业的发展。在第三产业中,要重点引导FDI更多地流向一些薄弱的第三产业部门,如电信、流通、金融和教育等社会服务部门。

参考文献:

- [1]江苏省发展和改革委员会.江苏省“十二五”能源发展规划[EB/OL].[2012-10-16].[http://www.jsdpc.gov.cn/pub/jsdpc/xh/jsnyhjyxh/nyfg/201210/t20121016\\_283813.htm](http://www.jsdpc.gov.cn/pub/jsdpc/xh/jsnyhjyxh/nyfg/201210/t20121016_283813.htm).
- [2]Grossman G M, Krueger A B. Environmental impacts of a North American free trade agreement[R]. NBER Working Paper, 1991.
- [3]Antweiler W, Copeland B R, Taylor M S. Is free trade good for the environment? [J]. The American Economic Review, 2001, 91: 877-908.
- [4]Saggi K. Trade, foreign direct investment and international technology transfer: a survey[J]. The World Bank Research Observer, 2002, 17: 191-235.
- [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]Todo Y, Zhang Weiying, Zhou Li-An. Knowledge spillovers from FDI in China: the role of educated labor in multinational enterprises[J]. Journal of Asian Economics, 2009, 20: 626-639.
- [7]Hübler M. Technology diffusion under contraction and convergence: a CGE analysis of China[J]. Energy Economics, 2011, 33: 131-142.
- [8]Cole M A. Does trade liberalization increase national energy use? [J]. Economics Letters, 2006, 92: 108-112.
- [9]孙海. FDI对我国能源消耗强度作用的渠道分析[J]. 管理科学, 2009(2): 181-184.
- [10]朱彤, 刘叶. FDI对我国工业能源效率的正负效应与适度引进之管见[J]. 现代财经, 2011(7): 70-76.
- [11]陈媛媛, 李坤望. FDI对省际工业能源效率的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(6): 28-33.
- [12]齐绍洲, 方扬, 李锴. FDI知识溢出效应对中国能源强度的区域性影响[J]. 世界经济研究, 2011(11): 69-74.
- [13]续竞豪, 杨永恒. 我国省际能源效率及其影响因素分析——基于2001~2010年面板数据的SFA方法[J]. 山西财经大学学报, 2012(8): 71-77.
- [14]张伟, 吴文元. 基于环境绩效的长三角都市圈全要素能源效率研究[J]. 经济研究, 2011(10): 95-108.
- [15]尹宗成, 丁日佳, 江激宇. FDI、人力资本、R&D与中国能源效率[J]. 财贸经济, 2008(9): 95-98.

[责任编辑:王丽爱]

## Dynamic Impact of FDI on Energy Efficiency and Its Transmission Mechanism Based on the Empirical Data from 1990 to 2011 in Jiangsu Province

KANG Li<sup>1</sup>, SHAO Lili<sup>1,2</sup>

(1. School of Finance, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China;

2. Jiangsu Branch, Agricultural Bank of China, Nanjing 210005, China)

**Abstract:** Based on the empirical data from 1990 to 2011 in Jiangsu Province, this paper uses state-space model to examine the dynamic impact of FDI on the energy efficiency of Jiangsu Province and its transmission mechanism. The empirical results show that FDI has a stable positive impact on energy efficiency, and this impact has an enhanced tendency in recent years. From the transmission channels, the transmitting effect of technological progress is stronger than that of industrial structure. From the transmission process, the impact of FDI on energy efficiency has been impaired in the first process of each transmission channel. It is necessary for Jiangsu Province to improve the investment environment, enhance the regional economic construction and guide FDI towards service sectors in the use of FDI to improve energy efficiency effectively.

**Key Words:** FDI; energy efficiency; technological progress; industrial structure; regional economy; direct investment by foreign venture; total factor productivity