

doi:10.3969/j.issn.1672-626x.2016.02.004

# 外商直接投资、碳泄漏与碳强度

——基于中国省级面板数据

刘亚飞<sup>1</sup>, 孙永平<sup>2</sup>

(1. 湖北经济学院 经济学系, 湖北 武汉 430205; 2. 湖北经济学院 碳排放权交易湖北省协同创新中心, 湖北 武汉 430205)

**摘要:** 本文利用 2002—2012 年我国 30 个省级行政单位的能源消耗数量估算了历年 CO<sub>2</sub> 排放量以及碳强度, 通过构建动态面板模型估计了外商直接投资对碳强度的影响。为了解决内生性问题, 通过系统 GMM 和差分 GMM 估计方法对动态模型进行了估计, 研究发现外商直接投资导致我国碳强度下降。为了考察《京都议定书》以及我国节能减排政策的实施是否会对 FDI 与碳强度这两者关系产生影响, 将 2002—2012 年以 2006 年作为临界点分为两个阶段, 检验在这两个时间段两者之间的关系是否发生了结构性的变化, 结果表明 2006 年之后外商直接投资导致我国碳强度更大幅度的下降。这说明外商直接投资的技术溢出作用超过了碳泄漏, 对我国环境绩效的改善具有积极意义。

**关键词:** 碳泄漏; 碳强度; 外商直接投资

**中图分类号:** F062.2   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-626X(2016)02-0023-07

## 一、引言

改革开放以来, 中国经济强劲的增长势头导致对外资的吸引力逐渐增强, 中国成为名符其实的“世界工厂”。有关资料显示, 中国已于 2012 年超越美国, 成为最大的外商直接投资(以下简称 FDI)净流入国。伴随着中国经济的飞速发展, CO<sub>2</sub> 排放量也急剧增加。截至 2012 年, 中国的 CO<sub>2</sub> 排放量已经超过美国, 位居世界第一, 占全球总排放量的 28%。图 1 反映了 2002—2012 年期间我国 30 个省区实际利用 FDI 与 CO<sub>2</sub> 排放量的散点图, 这两者之间的同向变动关系很容易被误解为是一种因果联系, 认为 FDI 的流入是我国 CO<sub>2</sub> 排放量增加的原因。特别是考虑到《京都议定书》第一承诺期没有规定中国的减排责任, 中国在国际社会上面临巨大的舆论压力。承担减排责任的发达国家认为, 严厉的减排政策导致国内的能源密集型行业转移至中国, 因此中

国碳排放的增加是以他们的碳减排为代价的, 即存在着由他们向中国的碳泄漏(Carbon Leakage),<sup>[1]</sup>既影响了他们的经济绩效, 又削弱了碳减排政策的效果, 因此呼吁向中国等发展中国家征收碳关税。

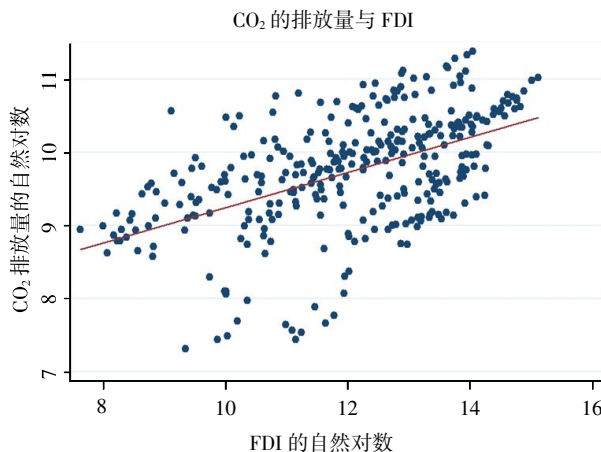


图 1 FDI 与 CO<sub>2</sub> 排放量: 2002—2012

收稿日期: 2016-02-19

基金项目: 湖北省教育厅思政处青年项目(15Q155)

作者简介: 刘亚飞(1985-), 男, 河南商丘人, 湖北经济学院讲师, 经济学博士, 主要从事低碳经济学研究; 孙永平(1977-), 男, 陕西神木人, 湖北经济学院副教授, 经济学博士, 主要从事环境与资源经济学研究。

为了遏制气候变化,为全球生态安全做出贡献,我国政府将碳强度指标纳入到“十二五”规划中,提出了2011—2015年期间全国碳强度下降17%的目标。这是中国第一次提出CO<sub>2</sub>减排的量化指标,也是世界主要国家中第一个把碳减排与国内生产总值(以下简称GDP)挂钩的国家。碳强度指标的提出不仅体现了中国为遏制全球气候变暖所做出的努力,而且作为一种相对指标,碳强度指标也体现了中国作为发展中国家仍然将发展作为第一要务的国情。

图2反映了2002—2012年我国30个省区碳强度与FDI的散点图,在同一时期,碳强度和FDI之间却存在着反向变动关系。不过,由于图2并未控制影响碳强度的其他因素,所以FDI与碳强度的反向变动关系并不一定意味着因果关系。从理论上讲,一方面,发达国家产业转移所导致的碳泄漏可能会提高我国的碳强度,而且各省市出于经济发展的考虑也可能放松对FDI流入的环境规制;另一方面,FDI的流入也带来了先进的技术和管理经验,有助于东道国降低能源强度,并推动环境管理、加强环境措施和提高环境标准。因此,FDI与碳强度的关系在理论上并不确定,需要利用数据进行实证分析。

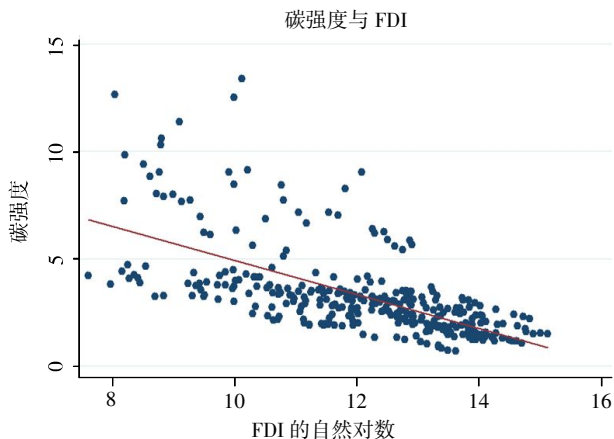


图2 FDI与碳强度:2002—2012

那么,FDI对我国的碳强度的影响有多大? FDI对我国的低碳发展道路是起到正面作用还是负面作用呢? 研究FDI与碳强度的关系对于弄清碳强度的影响因素以及制定相关的环境政策具有重要的意义。所以本文利用2002—2012年我国30个省级行政单位的面板数据,<sup>①</sup>验证了FDI与碳强度的关系。通过系统GMM和差分GMM估计,我们发现在控制人均收入、城市化水平、时间趋势等因素后,

FDI导致碳强度下降。此外,我们进一步将整个时间段分成2002—2006年和2007—2012年两个时间段,<sup>②</sup>分析在这两个时间段FDI与碳强度的关系是否存在结构性差异。研究发现,2006年之后FDI对碳强度的降低作用进一步强化,但是变化幅度较小。这说明总体上讲,FDI对我国的低碳道路发展起到一种积极的作用。

本文后面的安排如下,第二部分为文献回顾,第三部分为变量选择和数据来源,第四部分进行内生性的讨论并给出回归结果和解释,最后是结论。

## 二、文献回顾

从理论的角度讲,FDI与碳强度的关系主要受到两个因素的影响。第一个因素是碳泄漏,所谓碳泄漏是指不平衡的气候政策导致减排国家碳排放减少的同时,未承担减排责任的国家碳排放量增加。由于CO<sub>2</sub>排放导致的全球气候变暖是一种全球性问题,所以碳泄漏削弱了碳减排政策的效果。Droege和Cooper分析了碳泄漏产生的渠道,其中产业转移是碳泄漏产生的重要途径之一。<sup>[1]</sup>从产业转出国的角度来看,由于碳减排政策增加了能源密集型行业的生产成本,因此这些行业倾向于以投资的方式将能源密集型产业从实施碳减排政策的国家转移至未实施碳减排政策的国家,这种现象其实是“污染天堂效应”(Pollution Haven Effect)在温室气体排放领域的具体表现形式;<sup>[2]</sup>另外,从转入国的角度来看,为了承接产业转移,促进经济增长,转入国可能会争相降低环境管制标准,吸引能源密集型产业,以维持或增强竞争力,出现所谓的“向底线赛跑”的现象。<sup>[3-4]</sup>总之,发达国家的碳减排政策以及发展中国家的“向底线赛跑”(Race to the Bottom)的共同作用导致发达国家的能源密集型产业通过FDI的形式转移至发展中国家,影响发展中国家的CO<sub>2</sub>排放量与碳强度。

一些学者研究了我国的环境规制与FDI的关系,比如杨海生发现,外资通过产业转移和外部成本内部化不断增强其国际竞争力,在此过程中将污染型产业或企业转移至环境标准设置较低的欠发达地区。<sup>[5]</sup>吴玉鸣利用面板数据模型和时间序列模型对我国各地区FDI与环境规制之间的关联机制作了实证分析,结果发现环境规制确实对我国各个地区引进外资具有一定影响,而且这种影响呈现为负效应,“污染天堂假说”在一定程度上存在。<sup>[6]</sup>

自从《联合国气候变化框架公约》签署以来,碳泄漏问题就成为热议的话题。<sup>[7-8]</sup>特别是《京都议定书》签署以后,发达国家按照要求承担相应的减排责任,而暂时没有规定发展中国家的减排义务,所以可能存在从发达国家向发展中国家的碳泄漏。由于温室气体排放具有全球性特征,所以采取减排政策的国家的政策效果可能会被削弱。作为能源消耗大国和制造业大国,中国一直被认为是碳泄漏的净输出国,Babiker 和 Jacoby 使用 EPPA-GTAP 估算出全球碳泄漏率约为 6%,其中大约 30%的碳泄漏与中国有关。<sup>[9]</sup>

影响 FDI 与碳强度关系的另外一个因素与碳泄漏的作用相反。即产业转移也为东道国带来了先进的技术和管理经验,有助于东道国了解国际环境标准,改进落后的生产方式,推动节能减排技术的利用,即 FDI 的技术溢出对东道国的环境绩效具有积极意义。<sup>[10-12]</sup>因此在两种相反的力量作用下,FDI 并不必然伴随着碳强度上升。Blackman 和 Wu 对我国电力工业的 FDI 环境绩效的研究表明,由于先进的发电技术和环境管理以及中国本土企业与 FDI 企业的竞争,FDI 提高了中国电力工业企业的能源利用效率,降低了废物排放量。<sup>[13]</sup>

国内一些学者研究了我国 CO<sub>2</sub> 排放量的影响因素,<sup>[14-15]</sup>但是对 FDI 与碳强度的关系关注不多。李子豪等研究了 FDI 与我国的碳泄漏之间的关系,通过对 35 个行业的面板数据分析发现 FDI 对于降低工业行业的碳排放具有积极意义。<sup>[16]</sup>李小平等利用 1998—2006 年我国的分行业数据研究了发达国家向我国产业转移的状况,发现发达国家向中国转移的并不都是污染产业,也有低排放系数的“干净”产业,因此中国并不是发达国家的“污染天堂”。<sup>[17]</sup>以上研究仅从部分行业的角度考察了 FDI 对行业碳排放的影响,我们认为研究 FDI 对总量碳强度的影响也许更能反映 FDI 与碳强度之间的关系。另外,以往的研究往往忽视了 FDI 的内生性问题,所以得到的结论也值得商榷。

本文利用 2002—2012 年的省级面板数据对碳强度和 FDI 的关系进行估计。本文认为,与 CO<sub>2</sub> 排放量相比,研究 FDI 与碳强度的关系更有意义,因为 FDI 必然伴随着 GDP 的上升以及 CO<sub>2</sub> 排放量的增加,关键问题是,FDI 在提高 GDP 的同时会在多大程度上带来 CO<sub>2</sub> 排放量的上升,即 FDI 与碳强度

的关系是正向的,还是反向的。此外,由于《京都议定书》于 2005 年 2 月开始强制生效,发达国家增加了减排力度,欧盟、美国等发达国家先后建立了一系列碳排放权交易体系,向中国碳泄漏的规模可能会进一步加大。此外,从 2006 年开始我国在全国范围内推行强制节能减排,并将 GDP 的能耗指标纳入地方官员的考核体系,这可能会对地方的环境规制带来影响,在一定程度上抑制“向底线赛跑”的冲动,并进而影响 FDI 的流入。总之,2006 年以后,FDI 与碳强度的关系可能发生变化。考虑到政策的执行和实施以及产业转移需要一定的时间,所以我们以 2006 年为临界点,进一步将整个时间段分成 2002—2006 年和 2007—2012 年两个时间段,研究在这两个时间段 FDI 与碳强度的关系是否存在结构性差异。与以往的研究相比,一方面我们考虑到 FDI 等因素对碳排放和碳强度的影响可能存在滞后效应,所以为了更准确地描述 CO<sub>2</sub> 排放量的趋势,我们建立了动态面板模型;另一方面鉴于以往研究可能存在的内生性缺陷,我们利用系统 GMM 和差分 GMM 方法以解决内生性问题,所以得到的结论更为可靠。

### 三、模型设定和变量选择

#### (一)模型设定

由于 FDI 带来 GDP 上升的同时必然带来 CO<sub>2</sub> 排放的增加,所以考察 FDI 与 CO<sub>2</sub> 排放量的关系并没有多少实质意义,因此我们选择碳强度作为被解释变量。此外,考虑到 FDI 等因素对 CO<sub>2</sub> 的排放可能存在一定的滞后效应,我们借鉴杜立民和李锴等的方法,<sup>[14-15]</sup>将碳强度的一阶滞后项纳入到回归模型中,得到如下动态模型:

$$C_{it} = \rho C_{i,t-1} + \alpha_1 \ln y_{it} + \alpha_2 \ln fdi_{it} + Z_{it} \beta + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $C_{it}$  是第  $i$  个省第  $t$  年的碳强度, $C_{i,t-1}$  第  $i$  个省第  $t-1$  年的碳强度; $y_{it}$  和  $d_{it}$  分别表示第  $i$  省第  $t$  年的人均实际 GDP 和实际利用外商直接投资; $Z_{it}$  是外生解释变量,包括产业结构、能源消费结构、城市化水平以及时间趋势等诸多因素。 $\eta_i$  是个体异质性,反映各省在资源禀赋、产业结构、环境管制等方面的差异, $\varepsilon_{it}$  是扰动项。

#### (二)变量选择与数据来源

1. CO<sub>2</sub> 排放量的估算。我国目前没有官方机构公布的 CO<sub>2</sub> 排放的数据,所以需要估算。CO<sub>2</sub> 的产生主要有两个来源:一是化石能源的燃烧所产生的;

二是水泥工业生产过程中从生料转成熟料所产生的。对于第一种 CO<sub>2</sub> 来源,我们按照 IPCC(2006)提供的各种化石能源的 CO<sub>2</sub> 排放系数,<sup>[18]</sup> 根据历年《中国能源统计年鉴》提供的分地区能源消费量,对 2002—2012 年期间的 CO<sub>2</sub> 的排放量进行了估算,计算公式为:

$$EC = \sum EC_i = \sum E_i \times CF_i \times CC_i \times COF_i \times 3.67$$

其中,EC 表示估算的各类能源消费的 CO<sub>2</sub> 排放总量;i 表示能源消费种类,包括煤炭、石油和天然气共 3 种;E<sub>i</sub> 是各省第 i 种能源的消费总量,CF<sub>i</sub> 是发热值,CC<sub>i</sub> 是碳含量,COF<sub>i</sub> 是氧化因子。CF<sub>i</sub>×CC<sub>i</sub>×COF<sub>i</sub> 被称为碳排放系数,而 CF<sub>i</sub>×CC<sub>i</sub>×COF<sub>i</sub>×3.67 则被称为 CO<sub>2</sub> 排放系数。煤炭、石油和天然气的 CO<sub>2</sub> 排放系数分别为 2.7412、2.1358 和 1.6262 (万吨/万吨标准煤)。

水泥生产过程中的 CO<sub>2</sub> 排放的计算公式如下:

$$CC = Q \times EF_{cement} \times 0.75$$

其中 CC 表示水泥生产过程中 CO<sub>2</sub> 排放总量,Q 表示水泥生产总量,而 EF<sub>cement</sub> 则是水泥生产的 CO<sub>2</sub> 排放系数。各省历年水泥产量来自中经网数据库。

2. FDI(Lnfdi)。毋庸置疑,FDI 在增加 GDP 的同时会提高 CO<sub>2</sub> 排放量,我们对各省 FDI 取对数值加入回归方程。各省历年 FDI 数据来自于各省统计年鉴中实际直接利用外资数据。

3. 人均 GDP。大量研究表明,人均收入和碳排放量之间存在倒 U 型关系,因此我们在回归方程中加入人均收入并取对数值。由于在计算碳强度的时候已经用 CO<sub>2</sub> 排放除以 GDP,所以没有再次引入人均收入的二次项作为解释变量。人均 GDP 等于总量 GDP 除以人口数,各省的 GDP 和人口数均来自各省历年统计年鉴,为了保证 GDP 的可比性,我们选择 2002 年为基期,将名义 GDP 转化为实际 GDP。

4. 产业结构(Industry\_ratio)。工业的能耗要远远大于农业和服务业的能耗,所以对于同样的产值,工业的 CO<sub>2</sub> 排放量远远大于农业和服务业。因

此本文将反映产业结构的变量引入回归方程中,用工业增加值在 GDP 中的比重来表示,该数据来源于中经网数据库。

5. 能源消费结构(Coal\_ratio)。不同种类能源燃烧所产生的 CO<sub>2</sub> 的排放量是不同的,煤炭燃烧的 CO<sub>2</sub> 排放量是天然气的 1.6 倍,是石油的 1.2 倍,为此本文将各省煤炭消费量占该省能源消费总量的比重引入回归方程。煤炭消费占能源消费的比重的数据来自于历年《中国能源统计年鉴》。

6. 城市化率(Urban)。我国目前正处于城市化进程加速阶段,城市化的推进会创造出巨大的城市基础设施建设和住宅投资需求,并带动水泥、钢铁等高能行业的增长,不可避免地会产生大量的 CO<sub>2</sub> 排放并增加碳强度。我们用年末城镇人口占常住人口的比重作为城市化率的代理变量,城镇人口数量和常住人口数量均来自于各省历年统计年鉴。

7. 名义汇率。显然,名义汇率会影响 FDI,并进而影响人均 GDP,但是名义汇率与扰动项无关,因此可以将名义汇率作为动态方程的外部工具变量。本文选择人民币标价的美元加权平均汇率和欧元加权平均汇率,该数据来源于中经网数据库。

8. 时间趋势(Int)。随着技术的进步以及政策的变动,CO<sub>2</sub> 排放量可能会随着时间的变化而变化,为了刻画时间趋势,应该加入 10 个虚拟变量。但是为了节省自由度,我们用变量 t 来表示时间的变动,为了反映 CO<sub>2</sub> 排放量与时间之间可能存在的非线性关系,我们按照李锴等<sup>[19]</sup>的方法,对 t 取对数值。

本文的样本数据包括我国 30 个省(市、自治区) 2002—2012 年的观察记录,样本容量达到 326 次。表 1 列出了被解释变量和主要解释变量的描述性统计。

#### 四、回归结果分析

##### (一)内生性讨论

模型(1)存在着潜在的内生性问题:首先,考虑碳强度的滞后效应导致 C<sub>t,t-1</sub> 不再满足严格外生假

表 1 变量的描述性统计

变量	含义	均值	标准差	最大值	最小值	样本容量
CO <sub>2</sub>	二氧化碳排放量(万吨)	248128.80	185319.10	974118.20	153638.10	326
Y	人均 GDP(万元)	2.03	1.35	6.82	0.32	326
Fdi	实际直接利用外资(万美元)	45025.17	59000.09	357595.6	2044	326
Urban	城市化率	0.48	0.15	0.89	0.24	326
Industry_ratio	工业增加值占 GDP 的比重	0.40	0.81	0.54	0.15	326
Coal_ratio	煤炭消费占能源消费总量比重	0.71	0.14	0.93	0.14	326

定;其次,个体异质性  $\eta_i$  中的因素,如资源禀赋、环境规制等遗漏变量可能与 FDI 和人均 GDP 相关;最后,随机扰动项  $\varepsilon_{it}$  也可能与 FDI 以及人均 GDP 相关,这是因为各省在 GDP 竞赛的刺激下,为了吸引 FDI 可能会降低环境规制标准,以增强竞争力,即所谓的“向底线赛跑”假说,如果该假说成立,那么 FDI 以及人均 GDP 可能与碳强度之间存在反向因果关系:一方面,FDI 的流入以及人均 GDP 的提高影响碳强度;另一方面,宽松的环境规制在提高碳强度的同时,也吸引了 FDI 的流入。

为了消除个体异质性,我们对模型(1)进行一阶差分,差分后的方程变为:

$$\Delta C_{it} = \rho C_{i,t-1} + \alpha_1 \Delta \ln y_{it} + \alpha_2 \Delta \ln fdi_{it} + \Delta Z_{it} \beta + \Delta \varepsilon_{it} \quad (2)$$

值得注意的是,虽然一阶差分消除了个体异质性,但是根据前文所述,此时仍然存在着另外两种形式的内生性,因此固定效应估计量和随机效应估计量都是有偏差的。为了解决内生性问题,需要引入工具变量,为此本文将分别利用 Arellano 和 Bond 提出的差分广义矩(DIFF-GMM)以及 Blundell 和 Bond 提出的系统广义矩(SYSTEM-GMM)估计方法进行估计,<sup>[19-20]</sup>DIFF-GMM 和 SYSTEM-GMM 将内生变量的滞后项作为工具变量,可以解决内生性问题。此外,本文引入人民币对美元和欧元的名义汇率作为外部工具变量,显然,人民币对美元和欧元的名义汇率会影响 FDI 并进而影响人均 GDP,并且名义汇率与扰动项无关,因此可以作为 FDI 和人均 GDP 的工具变量。

## (二)回归结果

表 2 分别报告了 DIFF-GMM 和 SYSTEM-GMM 对方程(2)的回归结果。模型(1)和模型(2)分别用系统 GMM 和差分 GMM 估计了回归方程。GMM 估计量的一致性有一个重要的前提,即一次差分以后的扰动项不存在二阶序列相关,但是一阶序列相关是允许的。对此本文使用 Roodman 提供的 xtabond2 程序进行估计,<sup>[20]</sup>从估计结果可以看出,差分 GMM 和系统 GMM 都不能拒绝模型没有二阶序列相关的原假设,因此差分 GMM 和系统 GMM 是一致的。同时我们通过 Hansen 检验考察了工具变量的有效性,Hansen 检验的原假设是所选工具变量是有效的。上表给出的回归结果显示,Hansen 检验不能拒绝原假设。因此,差分 GMM 和系统 GMM 估

计是有效的。

表 2 被解释变量为碳强度 C 时的回归结果

	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
	系统 GMM	差分 GMM	系统 GMM	差分 GMM
L.c	0.755*** (106.84)	0.662*** (84.65)	0.752*** (55.79)	0.633*** (49.05)
Urban	2.28*** (5.69)	4.43*** (5.71)	2.31*** (5.30)	3.75*** (4.20)
Industry_ratio	0.424 (1.17)	-0.928*** (-2.66)	0.344 (0.92)	-1.543*** (-4.56)
Coal_ratio	0.884*** (8.23)	1.424*** (8.10)	0.908*** (10.77)	1.450*** (13.14)
Lny	-0.651*** (-6.73)	-0.739*** (-4.73)	-0.670*** (-6.16)	-0.989*** (-7.32)
Lnfdi	-0.0916*** (-4.57)	-0.254*** (-5.32)	-0.0867*** (-4.20)	-0.0813*** (-2.86)
Lnt	0.162*** (3.91)	0.202*** (3.22)	0.236*** (4.70)	0.342*** (5.60)
Af2006*lnfdi			-0.00627*** (-5.43)	-0.00852*** (-7.77)
_Cons	-0.245 (-0.67)		-0.378 (-1.20)	
AR(1)	-1.83 (0.067)	-1.97 (0.049)	-1.87 (0.061)	-2.06 (0.039)
AR(2)	1.43 (0.153)	1.33 (0.182)	1.52 (0.129)	1.55 (0.122)
Hansen test	26.01 (0.999)	26.10 (0.402)	26.36 (0.999)	24.86 (0.527)
N	295	264	295	264

注:括号中为 t 统计量,AR、Hansen test 和 F 统计量括号里的数字分别为 prob>z、prob>z 和 prob>(chiz)的值。\* 对应 p<0.10,\*\* 对应 p<0.05,\*\*\* 对应 p<0.01。

从模型(1)和(2)的估计结果可以看出,碳强度的一期滞后是显著的,并且其系数估计值为正,这说明前一期的碳强度与当期的碳强度之间是正相关,碳强度是一个连续的过程。变量 Urban 的系数估计值是正的,且非常显著,这说明城市化进程会导致碳强度上升。变量 Coal\_ratio 的系数估计值非常显著且为正值,说明煤炭在能源消费中的比重上

升会提高碳强度。 $\ln y$ 也非常显著且系数为负值,说明我国GDP的增加伴随着碳强度的下降,这可能与我国更加重视降低单位GDP能耗的政策相关。 $\ln fdi$ 的估计系数也非常显著且为负值,说明FDI的流入伴随着碳强度的下降,因此回归结果表明,FDI的技术溢出效应大于碳泄漏效应,从碳强度的角度讲,FDI的增加对于碳减排具有积极的作用。

2005年《京都议定书》开始正式实施,发达国家增加了减排力度,欧盟、美国等发达国家先后建立了一些列碳排放权交易体系,<sup>③</sup>因此向中国碳泄漏的规模可能会进一步加大。此外,2006年开始我国推行强制节能减排政策,将GDP能耗指标纳入地方官员考核体系,这可能会对地方政府的环境规制产生影响,抑制“向底线赛跑”的冲动,并进而影响FDI的流入。那么这两种相反的作用会如何改变FDI与碳强度的关系呢?为了回答这个问题,我们考察《京都议定书》开始正式实施以后FDI与碳强度的关系是否发生了结构性的变化,为此我们引入虚拟变量 $Af2006$ 及其与 $\ln fdi$ 的交互项,在2006年以前(包括2006年), $Af2006$ 取值为零,2006年之后取值为1,通过这种方式将2002—2012年分为2002—2006年以及2007—2012年两个时间段,考察这两个时间段FDI与碳强度的关系是否发生了结构性变化。模型(3)和模型(4)分别表示系统GMM和差分GMM的回归结果,回归结果显示, $Af2006$ 与 $\ln fdi$ 的交互项 $Af2006 * \ln fdi$ 是显著的,我们同时对 $\ln fdi$ 与 $Af2006 * \ln fdi$ 联系显著性进行检验,发现两者也是联合显著的,<sup>④</sup>这说明2006年之后FDI与碳强度的关系发生了结构性的变化。但是交互项 $Af2006 * \ln fdi$ 的系数为负值且绝对值较小,这说明2006年之后FDI进一步导致碳强度下降,但是下降幅度较小。

## 五、结论

由于碳减排政策提高了能源密集型产业的生产成本,为了规避减排政策,保护自己在国际市场上的竞争力,发达国家通过FDI的形式将能源密集型产业的生产转移到未实施碳减排政策的国家。从转入国的角度来看,为了承接产业转移,促进经济增长,转入国可能会争相降低环境管制标准,以维持或增强竞争力,出现所谓的“向底线赛跑”的现象。结果不平衡的减排政策导致减排国家 $CO_2$ 排放降低的同时,未实行减排政策的国家 $CO_2$ 排放量上升,即出现所谓的碳泄漏现象。不过,产业转移也为

东道国带来了先进的技术和管理经验,有助于东道国了解国际环境标准,推动节能减排技术的利用。因此在两种相反的力量作用下,FDI并不必然伴随着碳强度上升。

本文利用省级水平的能源消费与水泥产量数据计算了2002—2012年期间30个省的 $CO_2$ 排放数据,并结合其他变量构建了省级面板数据,考察了FDI与碳强度的关系。研究发现,在控制时间趋势、人均收入、城市化水平等因素之后,FDI与碳强度之间呈反向变动的关系,FDI的增加导致我国碳强度下降,这说明FDI的技术溢出作用超过了碳泄漏,对我国的环境绩效的改善具有积极意义。

此外,我们以2006年为临界点,进一步将整个时间段分成2002—2006和2007—2012两个时间段,考察在这两个时间段FDI与碳强度的关系是否存在结构性差异。研究发现,2006年之后FDI进一步导致碳强度的下降,但是下降幅度较小,说明《京都议定书》正式实施以后,FDI的技术溢出作用仍然超过了碳泄漏作用,FDI对碳强度的抑制作用进一步加强。

## 注 释:

- ① 由于西藏自治区的数据不全,所以本文只考虑30个省级行政单位。
- ② 《东京议定书》于2005年正式生效,之后发达国家建立一系列碳排放权交易体系,此外,从2006年开始我国在全国范围内推行强制节能减排,并将GDP的能耗指标纳入地方官员的考核体系。考虑到政策的效果和产业转移需要一定时间,所以我们将2007年作为第二阶段的起点。
- ③ 美国虽然没有签署《京都议定书》,但是也建立了一系列碳排放权交易体系。
- ④ 系统GMM和差分GMM的F统计量分别为30.37和60.49。

## 参考文献:

- [1] Droege, S., Cooper, S. Tacking Leakage in a World of Unequal Carbon Price [J/OL]. <http://www.climatestrategies.org/our-reports/category/32.257.html>, 2009-07.
- [2] Copeland, B.R., Taylor, M. S. Trade, Growth, and the Environment [J]. *Journal of Economic Literature*, 2004, (21): 7-71.
- [3] Dua, A., Esty, D.C.. Sustaining the Asia Pacific Miracle: Environmental Protection and Economic Integration [M]. Peterson Institute, 1997.
- [4] Esty, D., Gentry, B.. Foreign Investment, Globalisation

- and Environment [J]. *Globalization and the Environment*, 1997, (2):213–225.
- [5] 杨海生,贾佳,周永章,等. 贸易、外商直接投资、经济增长与环境污染[J]. *中国人口、资源与环境*, 2005, (3):99–103.
- [6] 吴玉鸣. 外商直接投资与环境规制关联机制的面板数据分析[J]. *经济地理*, 2007, (1):11–14.
- [7] Felder, S., Rutherford, T. F.. Unilateral CO<sub>2</sub> Reductions and Carbon Leakage: The Consequences of International Trade in Oil and Basic Materials [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1993, (2): 162–176.
- [8] Kuik, O., Hofkes, M.. Border Adjustment for European Emissions Trading: Competitiveness and Carbon Leakage [J]. *Energy Policy*, 2010, (4): 1741–1748.
- [9] Babiker, M. H., Jacoby, H. D.. Developing Country Effects of Kyoto-type Emissions Restrictions [J]. *Economic Impact of Mitigation Measures*, 1999, (3):315–325.
- [10] Alborno, F., Cole, M. A., Elliott, J. R., et al. In Search of Environmental Spillovers [J]. *The World Economy*, 2009, (1):136–163.
- [11] Javorcik, B. S., Wei, S. J. Pollution Havens and Foreign Direct Investment: Dirty Secret or Popular Myth? [J]. *Contributions in Economic Analysis & Policy*, 2004, (2):1244–1244.
- [12] Perkins, R., Neumayer, E., Transnational Linkages and the Spillover of Environment Efficiency into Developing Countries [J]. *Global Environmental Change*, 2009, (19): 375–383.
- [13] Blackman, A., Wu, X., Foreign Direct Investment in China's Power Sector: Trends, Benefits and Barriers [J]. *Energy Policy*, 1999, (12):695–711.
- [14] 杜立民. 我国二氧化碳排放的影响因素: 基于省级面板数据的研究 [J]. *南方经济*, 2010, (11):20–33.
- [15] 李锴, 齐绍州. 贸易开放经济增长与中国二氧化碳排放 [J]. *经济研究*, 2011, (11):60–72.
- [16] 李子豪, 刘辉煌. FDI 的技术效应对碳排放的影响: 基于 35 个工业行业数据的研究 [J]. *中国人口资源与环境*, 2011, (12):27–33.
- [17] 李小平, 卢现祥. 国际贸易污染产业转移和中国工业 CO<sub>2</sub> 排放 [J]. *经济研究*, 2010, (1):15–26.
- [18] Arellano, M., Bond, S., Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and An Application to Employment Equations [J]. *Review of Economic Studies*, 1991, (2):277–297.
- [19] Blundell, R., Bond, S., Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models [J]. *Journal of Econometrics*, 1998, (1):115–143.
- [20] IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [EB/OL]. <http://www.ipcc-nggip.iges.org/jp>, 2009.
- [21] Roodman, D. How to do xtabond2: An Introduction to Difference and System GMM in Stata [R]. Center for Global Development Working Paper, 2006.103.

(责任编辑:彭晶晶)

## FDI, Carbon Leakage and Carbon Intensity ——Based on China's Provincial-level Panel Data

LIU Ya-fei<sup>1</sup>, SUN Yong-ping<sup>2</sup>

(1. Department of Economics, Hubei University of Economics, Wuhan Hubei 430205, China; 2. Center of Hubei Cooperative Innovation for Emissions Trade System, Hubei University of Economics, Wuhan Hubei 430205, China)

**Abstract:** This paper estimates the quantity of CO<sub>2</sub> emission and carbon intensity using energy consumption data of 30 provinces of China from 2002 to 2012, then estimates the effect of FDI on carbon intensity by constructing a dynamic panel model. In order to solve the problem of endogeneity, the methods of system GMM and difference GMM are used to estimate the model. The empirical result shows that FDI decrease carbon intensity. To investigate whether the implementation of Kyoto protocol and energy saving and emission reduction policy affect the relationship between FDI and carbon intensity, we divide the whole period of 2002–2012 into two parts by taking 2006 as the cut-off point, and test if the relationship between FDI and carbon intensity changed during the two different periods. The empirical result shows that FDI led to a further decline of carbon intensity. Therefore this paper concludes that the technological spillover of FDI dominates carbon leakage, so FDI has positive effect on China's improvement of environmental performance.

**Key words:** carbon leakage; carbon intensity; FDI