

产业集聚、外商直接投资与绿色全要素生产率

李光龙^{1,2}, 范贤贤¹

(1. 安徽大学 经济学院, 安徽 合肥 230601; 2. 安徽生态与经济发展研究中心, 安徽 合肥 230601)

摘要: 以2002—2016年中国30个省(市、自治区)为样本,基于SBM方向性距离函数的ML指数方法测算了绿色全要素生产率,选取系统GMM方法实证分析了产业集聚和FDI对绿色全要素生产率的影响。研究发现:产业集聚有利于促进绿色全要素生产率的提升;将FDI纳入研究框架后,产业集聚对绿色全要素生产率的促进作用会随着FDI引入水平提高而减弱,当FDI达到一定水平,产业集聚会对绿色全要素生产率产生抑制作用;产业集聚主要通过改善绿色技术效率提升绿色全要素生产率水平。因此,应该因地制宜地处理产业集聚与绿色全要素生产率的关系;客观看待产业集聚对绿色全要素生产率的作用,根据各地区FDI水平,合理引进FDI;加强产业集聚与FDI的良性互动;优化政府科技支出结构,进一步提高人力资本及环境规制水平,注意城镇化发展过程中速度与质量的匹配。

关键词: 产业集聚; 外商直接投资; 绿色全要素生产率

中图分类号: F062.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-6049(2019)05-0001-10

一、引言与文献综述

我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。十三五规划指出,绿色是永续发展的必要条件,绿色发展理念是我国今后发展过程中必须坚持的方向。全要素生产率作为经济持续发展的引擎,它的提高有利于我国经济转型升级^[1]。随着国家对环境治理越来越重视,越来越多的学者采用绿色全要素生产率来衡量经济高质量发展^[2],研究表明绿色全要素生产率有利于促进经济增长与环境保护的协调发展,是实现经济绿色发展的关键所在。产业集聚作为技术进步和技术创新的渠道之一,可以通过集聚效应促进技术外溢,提高专业化分工水平,加快资本、劳动在地区间的流动以及降低交易成本,进而提高要素生产率^[3]并影响我国环境污染治理与绿色发展。同时,外商直接投资(FDI)作为促进产业集聚的重要因素之一,可以通过有效发挥中间传导作用,提升产业的集聚水平^[4],产业集聚与FDI之间相互促进的关系决定无法将二者割裂开来研究二者对我国绿色全要素生产率的影响。随着我国FDI引入水平的上升,外资企业的集聚作用也受到广泛重视,FDI所带来的技术外溢有利于绿色技术在一国的溢出和扩散,可以促进绿色全要素生产率的提升,进而推动经济绿色发展^[5]。近年来,较多文献对产业集聚与环境污染的关系进行了研究,但结论尚不统一。一些学者认为产业集聚加剧了环境污染^[6-7],有的学者认为产业集聚改善了环境污染状况^[8],也有一部分学者认为无法确定产业集聚与环境污染之间的关系^[9-10]。那么反过来产业集聚对我国绿色全要素生产率的影响如何?在综合考虑经济和环境效益的情况下,对我国绿色全要素生产率的净作用是正还是负?作用路径是什

收稿日期: 2019-07-15; 修回日期: 2019-08-20

基金项目: 国家社会科学基金项目“长江经济带产业集群建设与转型升级战略研究”(16BJL065)

作者简介: 李光龙(1961—),男,河南罗山人,安徽大学经济学院教授,博士生导师,研究方向为绿色发展、经济高质量发展; 范贤贤(1995—),女,安徽宿州人,安徽大学经济学院硕士研究生,研究方向为绿色发展、经济高质量发展。

么?同时将FDI纳入研究范围时,FDI的引入是否会影响产业集聚对绿色全要素生产率的作用?有何影响?本文将对以上问题进行探讨,并对FDI和产业集聚对绿色全要素生产率的作用机理进行理论分析和实证检验,为我国绿色全要素生产率的提升提供一个新的视角和思路。

近年来,绿色发展已经成为重要趋势。绿色全要素生产率被认为是实现经济绿色发展的关键。关于绿色全要素生产率的测算,国内外学者主要采用Malmquist生产率指数法^[11]、SBM方向性距离函数与Luenberger生产率指数法^[12]、基于非径向非角度SBM方向性距离函数的Malmquist-Luenberger指数法^[13-14]。关于影响绿色全要素生产率的因素,学者们从不同的视角进行了研究。产业集聚作为重要影响因素之一,国内外学者对产业集聚与全要素生产率的关系也进行了大量研究,并取得了一定成果。FDI作为与产业集聚息息相关的重要指标,对我国绿色发展也起到重要作用。通过对以往文献的梳理,国内外学者关于三者的研究主要包括以下几个方面:(1)产业集聚对绿色全要素生产率的作用途径和方向。关于作用途径,范剑勇等^[15]通过实证分析发现,技术效率的改善对企业全要素生产率的贡献要大于技术进步,专业化集聚对企业全要素生产率具有显著促进作用,多样化集聚则不具有促进功效。崔宇明等^[16]认为,不同的城镇化水平下,产业集聚对全要素生产率的影响存在门槛效应,城镇化水平越高,产业集聚对全要素生产率的促进作用越明显,作用渠道主要是技术进步,而非技术效率。对此,程中华^[17]也得出相似结论,认为最终是技术进步独自驱动绿色全要素生产率。可见,上述文献关于产业集聚对绿色全要素生产率的作用路径尚无统一的结论。关于作用方向,陈阳和唐晓华^[18]从制造业集聚角度,根据不同的城市等级将制造业集聚划分为“高一优”“低一落”“低一优”“高一落”四种集聚类型,并通过空间计量模型,实证得出制造业集聚与城市绿色全要素生产率呈“U”型关系。岳书敬等^[19]综合考虑环境效益和经济效益认为,产业集聚与城市的绿色发展效率也存在“U”型关系,只有当产业集聚达到某一水平,才能促进绿色发展效率提升。上述研究表明,选取不同的行业、不同的样本,产业集聚与绿色全要素生产率均存在非线性关系。(2)对FDI与绿色全要素生产率的关系的分析。梁云和郑亚琴^[20]通过中介模型进行实证分析,结果表明外商直接投资可以通过促进技术创新显著提升全要素生产率,但这种作用路径只存在于东部地区。张辉和闫强明^[21]基于我国工业行业数据分析了外商直接投资对全要素生产率的门槛效应,认为外商直接投资对全要素生产率存在双重门槛,外商直接投资的引进存在最佳规模,引进国的产业政策、创新水平、外贸政策等对外商直接投资的技术溢出效应存在显著影响。李敏杰和王健^[22]认为,外商直接投资质量能够促进经济增长、产业结构升级和技术进步,进而显著提升绿色全要素生产率,但这种影响存在显著的地区差异。(3)产业集聚与FDI之间的相互作用。孙浦阳等^[23]、凌晨等^[24]、周兵等^[25]均认为,产业集聚与FDI之间相互促进,产业集聚能够吸引FDI并影响FDI的区位选择,FDI的引入带来的技术外溢等各种优势有利于促进产业集聚。

以上文献从不同的角度对FDI、产业集聚与绿色全要素生产率的关系进行了论证,具有借鉴意义,但是仍存在一些不足。首先,研究对象尚有拓展空间。从行业来讲,现有文献只单独分析制造业或者服务业集聚,未能体现整体的产业集聚水平;从范围来讲,研究对象相对比较单一。其次,目前文献较多研究FDI或产业集聚对全要素生产率的影响,同时将FDI和产业集聚纳入一个框架研究它们对绿色全要素生产率的作用的文献较为缺乏。最后,产业集聚对绿色全要素生产率的作用路径尚没有统一论。随着我国经济发展和对绿色环保的重视程度的提高,我国产业结构面临着很大的调整,各指标也会出现波动,以前的研究结论可能不再适用。

基于此,本文试图从以下几个方面做出努力:(1)基于非径向非角度SBM方向性距离函数的Malmquist-Luenberger指数测算绿色全要素生产率,使得指标更能真实可靠地反映环境与经济增长的协调发展。(2)从理论方面分析产业集聚对绿色全要素生产率的影响机制,并进一步引入FDI,将产业集聚和FDI纳入一个框架,分析在FDI的影响下,产业集聚与绿色全要素生产率之间的关系。(3)分别考察FDI、产业集聚及其交互项对绿色全要素生产率分解项绿色技术效率(MEC)和绿色技术进步(MTC)的影响,进一步分析三者对绿色全要素生产率的内在作用途径,以期更好地促进绿色全要素生产率的提升。

二、理论分析

(一) 产业集聚对绿色全要素生产率的影响机理分析

产业集聚对地区产业竞争力和国民经济增长及其质量都有着重要影响,产业集聚对绿色全要素生产率的影响途径主要包括以下几个方面:一是技术溢出效应。产业集聚为各企业之间提供交流学习的机会,有利于知识和技术在集聚地区各企业之间的外溢与传播,促进各企业学习新技术、新方法,减轻生产过程中的污染行为,提高污染治理能力,降低污染治理成本,从而提升绿色全要素生产率。二是规模经济效应。产业集聚使得更多从事相似经济活动的企业进入,形成规模经济,促进资本、劳动等要素资源共享,使得产业分工与合作更加专业化,降低各企业的生产成本和交易成本,提高要素生产率,优化资源配置效率,实现高效的生产与服务。三是市场竞争效应。企业或要素在同一地理空间上的集聚会带来市场竞争效应,倒逼企业不断提高自主创新能力和生产技术水平,进而有利于技术创新效率的提升,另外还会刺激企业优化产品生产流程,提高自身产品的竞争力,促进经济的良性增长。四是拥挤效应。产业的过度集聚,超出了集聚地区空间及环境承载力,会导致资源的过度消耗,增加企业污染物排放,破坏生态环境,不利于绿色全要素生产率的提升,制约我国经济的绿色发展。

(二) FDI 对绿色全要素生产率的影响机理分析

FDI 的引入为我国国民经济发展提供了丰富的资本、先进的管理经验以及高效的生产链,同时,来自发达国家的跨国企业进行的 FDI 有利于降低我国引进先进技术的成本,推进先进技术在我国的应用,带来技术溢出效应,要素的跨国流动使资源配置效率得到优化,对我国经济的快速发展起到了显著的推动作用。另外,外资的引入能够加快国内外人员在企业之间的流动,有利于内资企业学习、模仿与应用外资企业的先进技术与管理经验。FDI 企业能够与本地区企业建立一种价值链和产业链上的前后向关联,有利于发达地区、发达国家向欠发达地区、发展中国家进行知识和技术溢出,从而产生垂直技术溢出效应。但目前关于 FDI 也一直盛行“污染避难所”的假说。发达国家在高昂的环境污染成本下,会将一些污染密集型企业转移到环境规制宽松的发展中国家,以降低污染治理费用,而发展中国家为了增强自身在吸引外资上的竞争能力,会降低环境规制水平,引进一些污染密集型产业和低技术产业,这会加剧环境污染,阻碍绿色全要素生产率的提升。因此,外商直接投资对促进绿色全要素生产率的提升可能具有长期性,目前外商直接投资可能无法显著促进绿色全要素生产率提升。

(三) 产业集聚、FDI 与绿色全要素生产率

产业集聚与 FDI 存在着不可分割的关系,新经济地理学中关于 FDI 的区位选择理论认为,产业在同一空间的集聚有利于形成规模经济,实现规模报酬递增。因此,FDI 企业选择区位时往往倾向于产业集聚区,以获得完备的基础设施和优质的人力资本,同时降低产品的生产成本和流通成本,提升竞争优势,产业集聚有利于促进 FDI 企业的进入。另外,FDI 对促进产业集聚也起到不容忽视的重要作用,FDI 企业的集聚所产生的示范效应、技术外溢效应和竞争效应,也会吸引更多的国内相关企业集聚,有利于形成产业关联,促进技术溢出,从而有利于绿色全要素生产率的提升。

三、模型设定、指标选取与数据处理

(一) 模型设定

通过以上理论分析,产业集聚、FDI 通过自身机制对绿色全要素生产率产生影响,为了进一步实证检验三者之间的关系,本文建立基本模型如下:

$$gtfp_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 iaggl_{i,t} + \beta_2 fdi_{i,t} + \beta_3 iaggl_{i,t} \times fdi_{i,t} + \gamma_1 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$mec_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 iaggl_{i,t} + \beta_2 fdi_{i,t} + \beta_3 iaggl_{i,t} \times fdi_{i,t} + \gamma_1 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$mtc_{i,t} = \alpha_1 + \beta_1 iaggl_{i,t} + \beta_2 fdi_{i,t} + \beta_3 iaggl_{i,t} \times fdi_{i,t} + \gamma_1 X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

其中,下标 i 表示地区,下标 t 表示时间;被解释变量分别为绿色全要素生产率($gtfp$)、绿色技术效率(mec)、绿色技术进步(mtc);解释变量为产业集聚($iaggl$)、FDI 及其交互项; $X_{i,t}$ 为控制变量,包括科技投入($tech$)、人力资本(hr)、环境规制(pr)、城镇化水平(urb); $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

(二) 指标选取

1. 被解释变量: 绿色全要素生产率(*gtp*)

关于绿色全要素生产率的测算, Chung *et al.* [26] 提出了方向性距离函数并将 Malmquist 指数扩展为 Malmquist-Luenberger 指数。这种方法可以同时考虑期望产出增加和非期望产出减少, 而且 SBM 方向性距离函数能够解决投入产出不足即非松弛问题。因此, 本文采用基于 SBM 方向性距离函数的 Malmquist-Luenberger 指数方法测算绿色全要素生产率。基于 SBM 的方向性距离函数的第 t 期到第 $t+1$ 期的 Malmquist-Luenberger 生产率指数可以表示为:

$$ML_t^{t+1} = \left[\frac{1 + \vec{D}_0^t(x^t, y^t, z^t; g^t)}{1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}; g^{t+1})} \times \frac{1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^t, y^t, z^t; g^t)}{1 + \vec{D}_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}; g^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$MEC_t^{t+1} = \frac{1 + \vec{D}_0^t(x^t, y^t, z^t; g^t)}{1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}; g^{t+1})} \quad (5)$$

$$MTC_t^{t+1} = \left[\frac{1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^t, y^t, z^t; g^t)}{1 + \vec{D}_0^t(x^t, y^t, z^t; g^t)} \times \frac{1 + \vec{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}; g^{t+1})}{1 + \vec{D}_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}; g^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

其中, $ML_t^{t+1} = MEC_t^{t+1} \times MTC_t^{t+1}$, MEC_t^{t+1} 表示绿色技术效率, 即与生产前沿面的距离, 大于 1 表示 $t+1$ 时期较 t 时期绿色技术效率得到改善, 小于 1 表示 $t+1$ 时期较 t 时期绿色技术效率出现倒退; MTC_t^{t+1} 表示生产前沿面的移动, 大于 1 表示绿色技术进步, 小于 1 表示绿色技术退步。

关于要素投入产出指标的选取, 要素投入指标主要包括劳动投入、资本投入和能源投入。劳动投入通过选取各省市年末就业人员数(单位为万人)来衡量。资本投入通过选取资本存量指标衡量。但资本存量并没有直接可用的数据, 需要进行估算, 目前大多数学者采用“永续盘存法”来测算资本存量(单位为亿元), 本文借鉴张军等 [27] 的做法来估算各省(市、自治区)的资本存量, 并将所得资本存量数据调整为以 2002 年为基期。关于能源投入, 能源消费被认为是非期望产出的主要来源, 本文选取能源消费总量(单位为万吨标准煤)进行衡量。产出指标主要包括期望产出和非期望产出。期望产出选用经过 GDP 指数折算的以 2002 年为基期的实际 GDP(单位为亿元)来衡量。非期望产出选用工业废水排放量(单位为万吨)、工业废气排放量(单位为亿标立方米)、工业固体废物排放量(单位为万吨)来衡量。根据以上指标选取, 本文利用 MaxDEA 测算出 2002—2016 年间我国各个省(市、自治区)绿色全要素生产率增长率, 并将其分解为两部分, 分别为绿色技术效率指数和绿色技术进步指数。

另外, ML 指数是指相对上一年的绿色全要素生产率的变化率, 须做相应变换才能用于回归分析。因此, 本文借鉴胡琰欣等 [2] 的做法, 假定 2002 年的绿色全要素生产率水平为 1, 则 2003 年的绿色全要素生产率水平为 2002 年的绿色全要素生产率水平乘以 2003 年的 ML 指数, 依此类推, 即可得到 2002—2016 年我国各省(市、自治区)的绿色全要素生产率水平指标。

2. 核心解释变量

(1) 产业集聚(*iaggl*)。产业集聚的测算方法主要包括区位商、空间基尼系数、行业集中度等多种方法。综合考虑数据的可得性, 本文借鉴程中华和张立柱 [28] 的做法, 采用区位商指数法测算各地区的产业集聚水平, 能够消除区位规模差异, 更加真实准确地反映区域要素的空间分布, 有利于凸显各个区域真正的优势行业。区位商指数越大, 产业集聚水平越高。计算公式如下:

$$iaggl_{i,j,t} = (E_{i,j}/E_i) / (E_{k,j}/E_k) \quad (7)$$

(7) 式中, $E_{i,j}$ 表示 i 地区 j 产业增加值, E_i 表示 i 地区所有行业增加值; $E_{k,j}$ 表示全国 j 产业增加值, E_k 表示全国所有行业增加值。

(2) 外商直接投资(*fdi*)。外商直接投资可以通过产业转移、技术关联和知识溢出影响各地区的绿色全要素生产率。本文采用外商直接投资存量数据, 并通过年均汇率折算成以人民币为单位的外商直接投资存量数据(单位为亿元)来衡量 FDI 水平。

3. 控制变量

(1) 科技投入(*tech*)。科技投入能够通过技术外溢、技术进步等提高环境治理能力和资源配置效率,科技投入越多,越有利于绿色全要素生产率的提升。本文采用当年科技支出总额衡量科技投入水平。(2) 人力资本(*hr*)。人力资本作为经济增长的源泉,可以决定一国的技术创新能力,一国的人力资本存量可以直接影响技术模仿以及技术扩散的速度,进而对绿色全要素生产率产生影响。本文选用各地区普通高校在校生人数与本地区总人数的比值衡量人力资本水平。(3) 环境规制(*pr*)。随着对环境保护重视程度的提高,各地区政府对环境污染的治理和环境质量的监测投入越来越多,也提高了外资企业引进门槛。环境规制水平越高,越有利于促进污染企业技术进步与创新,改善环境污染状况,进而推进绿色全要素生产率的提升。本文借鉴杨仁发^[10]的做法,选取各地区治理工业污染投资总额来衡量环境规制水平。(4) 城镇化水平(*urb*)。随着城镇化的推进,城镇化对国民经济发展产生了深远影响,城镇化发展为产业集聚提供了丰富的劳动力供给、便利的基础设施和公共服务以及多样化的信息渠道,可降低产业集聚成本,更好地发挥产业集聚的技术外溢效应,从而对绿色全要素生产率产生影响。

(三) 数据处理

本文选取2002—2016年30个省(市、自治区)作为决策单元(由于西藏、港澳台地区数据缺失严重,故予以剔除)作为基础数据。样本数据中,除工业“三废”来源于2003—2017年《中国环境统计年鉴》,其余指标均来源于2003—2017年《中国统计年鉴》,以及各省(市、自治区)年鉴(2003—2017年),部分缺失数据采用插值法获得。实证分析之前,本文进行了异常值处理,同时为了消除异方差的干扰和量纲问题,对所有数据做了对数化处理。各变量的描述性统计如表1所示。

表1 变量的描述性统计

变量	变量名	单位	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>gtfp</i>	—	450	0.294 9	0.277 3	0.031 0	1.103 7
	<i>mec</i>	—	450	1.162 0	0.510 8	0.409 9	3.115 1
	<i>mtc</i>	—	450	0.270 6	0.249 3	0.024 3	1.000 0
解释变量	<i>iaggl</i>	—	450	1.037 7	0.169 4	0.466 7	1.296 3
	<i>fdi</i>	亿元	450	368.462 5	436.892 8	0.875 7	2 257.322 0
	<i>kjzc</i>	亿元	450	55.486 0	81.035 8	0.344 8	742.970 0
控制变量	<i>hr</i>	—	450	0.015 6	0.006 7	0.003 2	0.035 6
	<i>pr</i>	亿元	450	17.765 9	17.928 7	0.100 6	141.646 4
	<i>urb</i>	%	450	50.500 2	14.550 6	24.292 7	89.600 0

四、实证分析

(一) 产业集聚、FDI对绿色全要素生产率影响的实证结果

考虑到前期的绿色全要素生产率会对后期的绿色全要素生产率产生影响,模型设定可能存在内生性问题和遗漏变量问题,导致回归结果不可靠,本文选取的系统广义矩估计(GMM)方法可以克服内生性问题并得到无偏且一致的估计量。其中模型(1)用来检验产业集聚对绿色全要素生产率的影响,模型(2)是在模型(1)的基础上加入FDI,在模型(2)中加入产业集聚与FDI的交互项得到模型(3),探讨产业集聚与FDI相互作用对绿色全要素生产率的影响。回归结果如表2所示,模型(1)~(3)均通过AR(2)检验和Sargan检验,说明模型设定合理,工具变量是有效的,三个模型中绿色全要素生产率的滞后项(*l.lngtgp*)的系数为正且均在1%的显著性水平下显著,前期的绿色全要素生产率可以促进后期的绿色全要素生产率提升,表明绿色全要素生产率是不断优化的,也说明用GMM方法进行估计是合理的。

从模型(1)实证结果来看,产业集聚可以促进绿色全要素生产率的提升,随着产业集聚水平的提高,企业之间交流更加便捷,分工与合作更加专业化,有利于促进资源的利用效率以及要素生产率的提升,产业集聚的技术溢出效应也可以得到有效发挥,有利于知识和技术在各企业之间外溢和传播,

促进各企业学习绿色生产技术,减轻生产过程中的污染行为,提高污染治理能力,而且产业集聚有利于污染的集中处理,进而有利于改善环境污染。与此同时,在产业集聚区,各个企业处于循环生产链中,一个企业所排放的废弃物有可能作为下游企业的生产原材料,一方面,可以实现污染物排放内部化,降低生产中产生的负外部性;另一方面,可以降低资源的消耗,增加环境容量,进而促进产业生态化。因此,产业集聚有利于促进绿色全要素生产率的提升。

从模型(2)可以看出,引入 FDI 变量后,产业集聚对绿色全要素生产率具有显著正向促进作用。FDI 对绿色全要素生产率回归系数为正,但不显著。可能是因为目前我国对外国企业的先进技术和管理经验的学习吸收能力不足,导致 FDI 对绿色全要素生产率促进作用不明显,也说明了需进一步检验“污染避难所”假说是否成立。在模型(3)中引入 FDI 与产业集聚的交互项,产业集聚及其与 FDI 的交互项的系数分别是 2.672 5 和 -0.430 6,且均在 1% 的显著性水平下显著,因此,产业集聚

对绿色全要素生产率的影响可表示为“ $2.672\ 5 - 0.430\ 6\ln fdi$ ”。也就是说,产业集聚对绿色全要素生产率的促进作用会随着 FDI 引入水平提高而减弱,当 FDI 达到一定水平,产业集聚就会对绿色全要素生产率产生抑制作用。这可能是因为随着 FDI 水平在产业集聚区不断提高,产生了拥挤效应,规模经济效应“红利”消失,产能无节制地持续扩张会导致资源的过度消耗和污染排放物的增加,超出资源的再生速度以及环境承载力,而且容易造成集聚区企业之间的恶性竞争,对生态环境造成极大破坏,此时拥挤效应带来的负面影响更加凸显,不利于我国绿色全要素生产率的提升,阻碍了我国绿色发展^[29]。

从其他控制变量来看,科技支出对绿色全要素生产率的影响显著为负。这可能是因为目前我国政府科技支出水平较低,还未发挥促进作用,另外科研经费产出率不高,未能达到预期效果。人力资本对绿色全要素生产率的影响显著为正,一方面合理的资本结构以及一定的人力资本积累能够促进产业结构调整,减少污染较强的低端产业,增加低能耗和低污染的高技术产业,实现绿色发展;另一方面人力资本的培养提高了劳动者的生产效率和学习能力,有利于学习先进技术和管理经验。环境规制对绿色全要素生产率的影响显著为负,这可能是因为目前我国环境规制水平还较低,污染治理费用越高,说明环境污染情况越严重,企业为达到排污标准购买的设备支出的增加挤占了企业对绿色清洁技术的研发,从而限制了绿色全要素生产率的提升^[30]。城镇化对绿色全要素生产率有显著抑制作用。随着城镇化的快速发展,城市规模不经济现象也日益凸显,城镇化发展的速度与质量不匹配,土地城镇化远超人口城镇化,资源利用率低下,使得城镇化发展所带来的环境压力过大,从而不利于绿色全要素生产率的提升^[31]。

(二) 产业集聚、FDI 影响绿色全要素生产率的作用路径实证结果

为了进一步研究 FDI、产业集聚及其交互项对绿色全要素生产率的作用路径,本文分别考察了

表 2 FDI、产业集聚影响绿色全要素生产率的计量回归结果

解释变量	被解释变量 $\ln gtfp$		
	(1)	(2)	(3)
$\ln gtfp$	0.460 0*** (42.00)	0.459 1*** (37.05)	0.456 3*** (34.85)
$\ln iaggl$	0.617 5*** (5.99)	0.591 5*** (4.02)	2.672 5*** (4.49)
$\ln fdi$		0.002 3 (0.13)	0.002 8 (0.91)
$\ln iaggl \times \ln fdi$			-0.430 6*** (-3.26)
$\ln kjzc$	-0.298 8*** (-53.24)	-0.298 7*** (-45.54)	-0.296 9*** (-45.36)
$\ln hr$	0.691 2*** (11.39)	0.690 1*** (11.72)	0.701 6*** (9.37)
$\ln pr$	-0.196 2*** (-13.28)	-0.196 9*** (-10.31)	-0.198 9*** (-9.22)
$\ln urb$	-0.772 0*** (-4.31)	-0.780 3*** (-3.80)	-0.981 3*** (-3.90)
_cons	6.335 2*** (7.01)	6.354 7*** (6.73)	7.095 6*** (6.37)
Abond test for AR(1)	0.000 0	0.000 0	0.000 0
Abond test for AR(2)	0.886 0	0.290 2	0.362 7
Sargan p	0.720 5	0.720 5	0.725 8

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著,括号内表示 z 值,所有回归模型均采用 two-step。Abond test for AR(2) 和 Sargan 检验分别表明模型设定合理和工具变量有效。

FDI、产业集聚及其交互项对 GTFP 分解项绿色技术效率 (MEC) 和绿色技术进步 (MTC) 的影响, 回归结果如表 3、表 4 所示。

从表 3 中模型 (1) 实证结果来看, 产业集聚有利于改善绿色技术效率。从模型 (2) 中可以看出, FDI 可以显著改善绿色技术效率, 引入产业集聚与 FDI 的交互项后, 产业集聚及其与 FDI 的交互项的系数分别是 -4.4078 和 0.8735 , 且均在 1% 的显著性水平下显著, 因此, 产业集聚对绿色技术效率的影响可表示为 “ $-4.4078 + 0.8735 \ln fdi$ ”。这说明当 FDI 水平较低时, 产业集聚不利于绿色技术效率的改善, 但这种不利影响会随着 FDI 引入水平的提高而逐渐减弱, 当 FDI 水平提高到一定规模, 产业集聚会促进绿色全要素生产率的提升。从控制变量看, 科技支出和人力资本的提升都有利于绿色技术效率的改善, 但城镇化水平对绿色技术效率改善有显著抑制作用。因此, 产业集聚可以通过改善绿色技术效率来促进绿色全要素生产率的提升。

从表 4 中模型 (1) 实证结果来看, 产业集聚不利于促进绿色技术进步。从模型 (2) 来看, FDI 对绿色技术进步有显著促进作用。在引入产业集聚与 FDI 的交互项后, 产业集聚及其与 FDI 的交互项的系数分别是 2.0304 和 -0.6578 , 且均在 1% 的显著性水平下显著, 因此, 产业集聚对绿色技术进步的影响可表示为 “ $2.0304 - 0.6578 \ln fdi$ ”。这说明产业集聚对绿色技术进步的促进作用会随着 FDI 引入水平的提高而减弱。从控制变量来看, 科技支出、人力资本、环境规制和城镇化对绿色技术进步都呈现出抑制作用, 进一步说明产业集聚并非通过影响绿色技术进步来促进绿色全要素生产率的提升。

(三) 稳健性检验

为了保证结果的准确度与可信度, 本文采用范剑勇^[32]的做法, 以就业密

表 3 FDI、产业集聚影响绿色技术效率的计量回归结果

解释变量	被解释变量 $\ln mec$		
	(1)	(2)	(3)
$\ln mec$	0.1061*** (9.61)	0.0779*** (16.29)	0.0779*** (13.16)
$\ln iaggl$	0.3611*** (3.72)	0.1445 (1.30)	-4.4078*** (-5.96)
$\ln fdi$		0.1502*** (5.68)	0.1236*** (2.90)
$\ln iaggl \times \ln fdi$			0.8735*** (6.71)
$\ln kjzc$	0.0702*** (13.12)	0.0843*** (34.57)	0.0777*** (22.49)
$\ln hr$	1.3624*** (10.76)	1.4049*** (19.33)	1.2783*** (14.05)
$\ln pr$	-0.0035 (-0.58)	-0.0164** (-2.21)	-0.0020 (-0.16)
$\ln urb$	-2.4479*** (-10.80)	-3.3265*** (-17.78)	-2.8495*** (-11.84)
_cons	15.1225*** (10.85)	17.9604*** (19.21)	15.6255*** (13.26)
Abond test for AR(1)	0.0003	0.0004	0.0002
Abond test for AR(2)	0.5315	0.3458	0.2396
Sargan p	0.7865	0.7728	0.7999

注: ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著, 括号内表示 z 值, 所有回归模型均采用 two-step。Abond test for AR(2) 和 Sargan 检验分别表明模型设定合理和工具变量有效。

表 4 FDI、产业集聚影响绿色技术进步的计量回归结果

解释变量	被解释变量 $\ln mtc$		
	(1)	(2)	(3)
$\ln mtc$	0.1141*** (20.69)	0.1163*** (18.04)	0.1223*** (11.31)
$\ln iaggl$	-1.2273*** (-8.12)	-1.3845*** (-6.35)	2.0304*** (2.77)
$\ln fdi$		0.1668*** (6.68)	0.1921*** (7.06)
$\ln iaggl \times \ln fdi$			-0.6578*** (-5.36)
$\ln kjzc$	-0.3649*** (-105.40)	-0.3510*** (-87.31)	-0.3544*** (-62.18)
$\ln hr$	-0.2613*** (-4.16)	-0.5003*** (-7.84)	-0.4999*** (-5.72)
$\ln pr$	-0.1803*** (-11.51)	-0.1938*** (-8.81)	-0.1992*** (-12.57)
$\ln urb$	-0.4587*** (-3.75)	-0.9244*** (-6.31)	-1.0383*** (-4.04)
_cons	0.7999 (1.07)	0.6933 (0.95)	1.0687 (0.83)
Abond test for AR(1)	0.0000	0.0000	0.0000
Abond test for AR(2)	0.1038	0.1014	0.2319
Sargan p	0.7112	0.7098	0.7160

注: ***, **, * 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著, 括号内表示 z 值, 所有回归模型均采用 two-step。Abond test for AR(2) 和 Sargan 检验分别表明模型设定合理和工具变量有效。

度衡量产业集聚水平,同时做对数化处理,进一步检验产业集聚、FDI 对绿色全要素生产率影响结果的稳健性,结果如表 5 所示。通过表 5 的模型 (2) 可以看出,FDI 对绿色全要素生产率的回归系数为负且在 5% 的显著性水平下显著,验证了表 2 回归结果中关于“污染避难所”的假说,也说明发达国家过高的环境规制水平和环境污染成本促使其污染行业向发展中国家转移,而中国目前仍是最大的发展中国家,环境规制水平不高,在国际分工中主要还是引进一些污染密集度高的 FDI; 另外,也说明外资企业挤占了我国大量的市场份额,降低了我国本土企业生产,导致利润下滑,不利于我国各地区企业技术革新。也可能是目前我国对来自发达国家的先进技术消化吸收能力和引进再创新能力不足,FDI 所带来的技术外溢无法有效发挥作用,阻碍绿色全要素生产率的提升,其他变量回归系数与表 2 的回归系数符号保持一致且均通过显著性检验,由此可见,回归结果具有稳健性。

五、结论与政策建议

本文在理论上分析了产业集聚和 FDI 对绿色全要素生产率的作用机制,并以 2002—2016 年我国 30 个省(市、自治区)数据为样本,采用基于 SBM 方向性距离函数的 Malmquist-Luenberger 指数方法测算绿色全要素生产率,选取系统广义矩估计法实证分析了产业集聚和 FDI 对绿色全要素生产率的影响,研究发现:产业集聚有利于促进绿色全要素生产率的提升,引入 FDI 后,产业集聚对绿色全要素生产率的促进作用会随着 FDI 引入水平提高而减弱,当 FDI 达到一定水平,产业集聚就会对绿色全要素生产率产生抑制作用。同时,人力资本对绿色全要素生产率影响为正,科技支出、环境规制、城镇化水平对绿色全要素生产率的影响为负。另外,通过产业集聚、FDI 影响绿色全要素生产率的作用路径的实证分析发现,产业集聚有利于改善绿色技术效率,不利于绿色技术进步,引入 FDI 后,产业集聚对绿色技术效率的促进作用会随着 FDI 引入水平的提高而提高,产业集聚对绿色技术进步的促进作用会随着 FDI 引入水平的提高而减弱。可见,产业集聚主要通过改善绿色技术效率提升绿色全要素生产水平。基于以上结论,本文提出以下政策建议:

第一,因地制宜地处理产业集聚与绿色全要素生产率的关系。对产业集聚水平较低的地区,应进一步吸引企业进入,扩大产业集聚水平,从而形成规模效应,促进生产技术的溢出,降低企业生产成本,推进绿色清洁技术的研发,以提升绿色全要素生产率;对产业集聚水平过高且产生拥挤效应的地区,应控制其产业集聚水平,注重优化和调整产业结构。

第二,客观看待产业集聚对绿色全要素生产率的作用。根据不同地区外商直接投资水平的不同,合理引进外商直接投资,对于外商直接投资较低的地区,应进一步提高 FDI 水平,充分发挥技术溢出效应、学习效应、规模效应等;对于外商直接投资水平较高的地区,应注重提高环境规制水平,优化 FDI 引进质量。

表 5 FDI、产业集聚影响绿色全要素生产率的稳健性结果

解释变量	被解释变量 $\ln gtfp$		
	(1)	(2)	(3)
$\ln gtfp$	0.395 2*** (50.33)	0.392 6*** (30.55)	0.377 8*** (27.04)
$\ln iagg1$	0.271 7*** (8.39)	0.289 1*** (4.59)	0.837 1*** (5.48)
$\ln fdi$		-0.047 8** (-2.38)	0.243 6*** (3.01)
$\ln iagg1 \times \ln fdi$			-0.095 4*** (-4.55)
$\ln kjzc$	-0.269 7*** (-57.54)	-0.271 4*** (-45.25)	-0.254 8*** (-42.58)
$\ln hr$	0.890 5*** (13.22)	0.971 6*** (11.32)	0.914 7*** (7.54)
$\ln pr$	-0.209 6*** (-8.31)	-0.217 3*** (-9.22)	-0.191 6*** (-7.47)
$\ln urb$	-2.051 7*** (-11.51)	-2.016 3*** (-6.23)	-1.771 4*** (-3.88)
_cons	10.856 3*** (13.20)	11.209 5*** (8.20)	8.333 9*** (3.83)
Abond test for AR(1)	0.000 0	0.000 0	0.000 0
Abond test for AR(2)	0.370 1	0.337 1	0.244 8
Sargan p	0.720 8	0.719 4	0.727 1

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著,括号内表示 z 值,所有回归模型均采用 two-step。Abond test for AR(2) 和 Sargan 检验分别表明模型设定合理和工具变量有效。

第三,加强产业集聚与 FDI 的良性互动。积极引进技术密集型、资本密集型等高质量、高技术的 FDI,促进 FDI 绿色技术外溢能力的提升,也可以通过各种优惠政策(如税收优惠、产业扶持资金、政府补贴等)吸引高质量的外资企业,优化外商直接投资结构,增强各地区吸收能力,有效释放 FDI 技术溢出效应、示范效应、竞争效应等,实现 FDI 对绿色全要素生产率的正向促进作用。

第四,优化政府科技支出结构,提高科技创新成果质量及其转化率,加强科技支出对企业技术创新能力的培养,以促进绿色技术的研发,减少企业排污以及其他负外部性;进一步提高人力资本水平,有利于提高自主创新能力,促进国内企业对国外企业先进技术的消化吸收能力,加快环保技术的研发,提高治理环境污染的能力,实现绿色发展;提高环境规制水平,注意城镇化发展过程中速度与质量的匹配,推行科学环保的政府政绩考核制度,减少资源过度消耗和环境污染行为,以提高绿色全要素生产率,推进绿色发展。

参考文献:

- [1] 卢丽文,宋德勇,黄璨.长江经济带城市绿色全要素生产率测度——以长江经济带的 108 个城市为例[J].城市问题,2017(1):61-67.
- [2] 胡琰欣,屈小娥,董明放.中国对外直接投资的绿色生产率增长效应——基于时空异质性视角的经验分析[J].经济学家,2016(12):61-68.
- [3] 董昕,刘燕,代斌.金融发展、产业集聚与全要素生产率增长——基于非参数 DEA 方法和面板门限模型估计[J].金融纵横,2015(11):80-86.
- [4] 邹滨.FDI 对我国产业集聚影响的实证分析[J].漳州师范学院学报(哲学社会科学版),2011(4):44-48.
- [5] 赵文军,于津平.贸易开放、FDI 与中国工业经济增长方式——基于 30 个工业行业数据的实证研究[J].经济研究,2012(8):18-31.
- [6] VERHOEFF E T, NIJKAMP P. Externalities in urban sustainability: environmental versus localization-type agglomeration externalities in a general spatial equilibrium model of a single-sector monocentric industrial city[J]. Ecological economics, 2002, 40(2):157-179.
- [7] 刘军,程中华,李廉水.产业集聚与环境污染[J].科研管理,2016(6):134-140.
- [8] 李勇刚,张鹏.产业集聚加剧了中国的环境污染吗——来自中国省级层面的经验证据[J].华中科技大学学报(社会科学版),2013(5):97-106.
- [9] 李筱乐.市场化、工业集聚和环境污染的实证分析[J].统计研究,2014(8):39-45.
- [10] 杨仁发.产业集聚、外商直接投资与环境污染[J].经济管理,2015(2):11-19.
- [11] 杨世迪,韩先锋,宋文飞.对外直接投资影响了中国绿色全要素生产率吗[J].山西财经大学学报,2017(4):14-26.
- [12] 原毅军,谢荣辉.FDI、环境规制与中国工业绿色全要素生产率增长——基于 Luenberger 指数的实证研究[J].国际贸易问题,2015(8):84-93.
- [13] KUMAR S. Environmentally sensitive productivity growth: a global analysis using Malmquist-Luenberger index[J]. Ecological economics, 2006, 56:280-293.
- [14] 徐晓红,汪侠.中国绿色全要素生产率及其区域差异——基于 30 个省面板数据的实证分析[J].贵州财经大学学报,2016(6):91-98.
- [15] 范剑勇,冯猛,李方文.产业集聚与企业全要素生产率[J].世界经济,2014(5):51-73.
- [16] 崔宇明,代斌,王萍萍.城镇化、产业集聚与全要素生产率增长研究[J].中国人口科学,2013(4):54-63+127.
- [17] 程中华.集聚经济与绿色全要素生产率[J].软科学,2015(5):41-44.
- [18] 陈阳,唐晓华.制造业集聚对城市绿色全要素生产率的溢出效应研究——基于城市等级视角[J].财贸研究,2018(1):1-15.
- [19] 岳书敬,邹玉琳,胡姚雨.产业集聚对中国城市绿色发展效率的影响[J].城市问题,2015(10):49-54.

- [20] 梁云,郑亚琴. FDI、技术创新与全要素生产率——基于省际面板数据的实证分析[J]. 经济问题探索,2015(9):9-14.
- [21] 张辉,闫强明. 外商直接投资对我国工业行业全要素生产率的门槛效应分析——基于28个工业行业的数据分析[J]. 安徽大学学报(哲学社会科学版),2015(6):130-140.
- [22] 李敏杰,王健. 外商直接投资质量与中国绿色全要素生产率增长[J]. 软科学:2019(9):13-20.
- [23] 孙浦阳,韩帅,靳舒晶. 产业集聚对外商直接投资的影响分析——基于服务业与制造业的比较研究[J]. 数量经济技术经济研究,2012(9):40-57.
- [24] 凌晨,刘军,郑义. 交通基础设施、FDI与中国产业集聚的实证分析[J]. 统计与决策,2013(8):88-92.
- [25] 周兵,梁松,邓庆宏. 金融环境视角下FDI流入与产业集聚效应的双门槛检验[J]. 中国软科学,2014(1):148-159.
- [26] CHUNG Y,FARE R,GROSSKOPF S. Productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach[J]. Journal of environmental management,1997,51(3):229-240.
- [27] 张军,吴桂英,张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J]. 经济研究,2004(10):35-44.
- [28] 程中华,张立柱. 产业集聚与城市全要素生产率[J]. 中国科技论坛,2015(3):112-118.
- [29] 张治栋,秦淑悦. 产业集聚对城市绿色效率的影响——以长江经济带108个城市为例[J]. 城市问题,2018(7):48-54.
- [30] 景维民,张璐. 环境管制、对外开放与中国工业的绿色技术进步[J]. 经济研究,2014(9):34-47.
- [31] 王兵,唐文狮,吴延瑞,等. 城镇化提高中国绿色发展效率了吗? [J]. 经济评论,2014(4):38-49+107.
- [32] 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.

(责任编辑:杨青龙;英文校对:葛秋颖)

Industrial Agglomeration, Foreign Direct Investment and Green Total Factor Productivity

LI Guanglong^{1,2}, FAN Xianxian¹

(1. School of Economics, Anhui University, Hefei 230601, China;

2. Anhui Research Center for Ecology and Economic Development, Hefei 230601, China)

Abstract: Taking the data of 30 provinces, municipalities and autonomous regions from 2002 to 2016 as a sample, this paper measures green total factor productivity based on the ML index method of the SBM directional distance function, and empirically analyzes the impact of industrial agglomeration and FDI on the green total factor productivity using the system GMM method. The research results show that industrial agglomeration is conducive to green total factor productivity. After introduction of FDI, the promotion effect of industrial agglomeration on the green total factor productivity will decrease with it. When FDI reaches a certain level, industrial agglomeration will have an inhibitory effect on the green total factor productivity, and industrial agglomeration mainly improves the green total factor productivity level by improving the efficiency of green technology. Therefore, the relationship between industrial agglomeration and the green total factor productivity should be handled according to local conditions, the role of industrial agglomeration on the green total factor productivity should be treated objectively, FDI should be introduced reasonably according to the level of FDI in various regions, the positive interaction between industrial agglomeration and FDI should be strengthened. The structure of government expenditure on science and technology should be optimized, the level of human capital and environmental regulation should be further improved, and the matching of speed and quality in the process of urbanization development should be noticed.

Key words: industrial agglomeration; FDI; green total factor productivity