

“一带一路”专题

“一带一路”沿线省域绿色投资效率评价研究

陈祖华,何兆钰

(南京审计大学 经济学院,江苏 南京 211815)

[摘要] 基于“一带一路”17个沿线省区市2003—2017年的数据,采用以投入为导向的三阶段DEA模型测度各省区市的绿色投资效率水平,并分析影响投资效率水平的环境因素。实证结果表明:“一带一路”沿线省区市目前的绿色投资普遍缺乏效率,“丝绸之路经济带”省区市的测度结果低于整体平均水平,“21世纪海上丝绸之路”省区市的测度结果高于整体平均水平;在剔除环境变量和随机因素的影响后,绿色投资效率水平有所上升,说明现有环境因素对投资效率存在影响;纯技术效率和规模效率缺乏会导致我国绿色投资效率水平低下,技术管理水平较低、产业结构未能实现优化配置以及资源配置不合理使得资源投入存在过度虚耗问题,从而降低了绿色投资效率。

[关键词] 绿色投资效率;绿色发展;“一带一路”;产业结构调整;资源配置;城市化;对外开放;环境污染治理

[中图分类号] F124.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2096-3114(2020)01-0103-09

一、引言

改革开放以来很长一段时间,我国一直采取粗放式的发展模式,这种以牺牲环境为代价的发展使得我国出现空气和水资源污染、自然资源过度开发利用等严峻的环境问题。近年来,在新发展理念引领下,环境问题虽有所改善,但我国高能耗、高污染、高排放的状况并未根本改变。“绿水青山就是金山银山”,绿色发展已经成为一个重要趋势。在现代金融体系中,作为绿色金融的重要推动力量和新兴手段,绿色投资具备良好的发展态势,能够很好地兼顾环境保护和经济效益,这为我国当前的经济发展提供了一种更适合的投资方式。目前,绿色投资虽然已成为解决我国环境问题的有效方式之一,但其总量仍不足以完全化解我国面临的环境污染问题。国家统计局数据显示,2003—2017年我国环境污染治理投资总额平均值约占GDP平均水平的1.2%,但资金规模仍低于解决环境问题所需水平,因此提高绿色投资效率是迫在眉睫。

绿色“一带一路”倡议通过拓展技术创新和投资吸收渠道等为沿线省区市绿色投资的发展提供了良好的基础,使得这些沿线省区市的绿色投资额呈现逐年递增的趋势。因此,分析评价绿色投资在“一带一路”沿线省区市的发展状况和效率水平,从理论层面来讲,能够丰富“一带一路”沿线省区市提升绿色投资效率的理论依据;从实践层面来看,对促进“一带一路”沿线省区市绿色投资的发展,进而健全我国环境规制体系和提升我国绿色投资水平,具有重要的现实意义。

二、文献综述

关于绿色投资的研究近年来进展迅速,现有文献主要是基于环境、经济和环境、社会和环境三个视角

[收稿日期] 2019-11-20

[基金项目] 江苏社科基金重大项目(17ZD006)

[作者简介] 陈祖华(1972—),男,江西宜春人,南京审计大学经济学院副教授,硕士生导师,博士,主要研究方向为金融发展与经济增长、城市与空间经济学,邮箱:chenzh@nau.edu.cn;何兆钰(1998—),女,安徽六安人,南京审计大学经济学院硕士生,主要研究方向为金融发展与区域经济一体化。

展开的。从环境的研究视角来看,绿色投资不仅作用于污染治理,而且能够通过事前决策在污染防治环节发挥有效作用^[1]。从经济和环境的研究视角来看,绿色投资将污染控制与传统投资相融合,能够引导社会资源的合理配置,促进经济的可持续发展^[2];绿色投资应该是在不显著减少非能源产品生产和消费的情况下,减少温室气体和空气污染物排放所需的投资^[3]。从社会和环境的研究视角来看,传统意义上的环境资源正在逐渐转变为经济社会的资本要素,并将演化为新经济形态下至关重要的战略资本,绿色投资可以优化这一战略资本的配置^[4];企业在投资时不仅要考虑经济绩效,还应从环境保护等方面来衡量社会责任履行情况^[5]。综合上述观点,本文认为绿色投资是符合当前绿色发展理念、在传统投资中减弱环境外部性和兼顾企业社会责任的一种新型投资。

目前,学者们对绿色投资效率水平的测度方法主要有两种:一是直接测度绿色投资效率水平,多采用包含DEA模型的效率测度方法。Zhou等剔除了大多数研究采用的环境DEA技术规模报酬不变这一前提假设,提出了具有非规模报酬(NIRS)和可变规模报酬(VRS)的环境DEA技术,并利用其对世界八个地区的碳排放绩效进行了实证研究^[6]。Song和Wang以中国30个省区市为样本,通过DEA分解计算4个不同年份的区域环境效率,发现东部沿海部分地区的经济和环境呈协调发展态势,政府法规对相对发达省区市的环境效率提高起到了积极促进作用^[7]。王娜等以我国30个省区市2009—2013年的数据为样本,采用外部环境变量控制的三阶段DEA方法研究发现,整体的绿色投资效率在上升,但由于规模效率低下且尚未达到前沿水平,绿色投资效率值的区域差异较大^[8]。蔡绍洪等根据2014年我国西部12个省区市的绿色发展相关统计指标研究发现,西部地区的绿色发展及投资存在明显的空间差异^[9]。二是通过测评绿色基金效率水平、碳排放水平等侧面反映绿色投资效率水平,为绿色投资研究提供理论依据。危平和舒浩以22只绿色基金为样本研究发现,我国传统基金投资的市场平均绩效水平和风险调整收益均高于绿色基金,投资策略差异影响基金收益和风险程度^[10]。梁鑫鑫和危平采用2010—2016年沪深A股上市公司社会责任环境维度的评分数据研究发现,可根据我国现有的资本市场条件,构建紧跟市场基准收益和可持续发展目标、主动型证券投资型基金的多层次绿色投资组合^[11]。

也有学者将绿色投资与相关政策制度结合起来研究绿色投资区域差异问题。自“一带一路”倡议提出以来,由于其倡导的绿色发展理念与绿色投资相契合,有学者将两者结合起来进行研究,以期促进两者的协同发展。苏伟洲等以2006—2015年17个“一带一路”沿线省区市为样本研究发现,“一路”沿线省区市的工业环境效率较高,而“一带”沿线省区市的工业环境效率普遍偏低,产业结构优化和科技水平提升有助于区域经济与环境协调发展^[12]。孟凡鑫等以我国“一带一路”沿线37个节点城市3年的CO₂排放情况为样本,采用国际城市CO₂排放核算方法研究发现,节点城市的CO₂排放量和增长率呈现出较大的差异,可依据人均GDP和人均CO₂排放将节点城市分为不同类型,并制定相应的发展战略^[13]。

综上所述,国外学者在经济发展与环境保护方面较早开展了对绿色投资的研究,从不同角度分析了绿色投资的内涵和影响因素,并利用不同模型进行了实证研究,对绿色投资效率进行了评价。国内学者结合我国实际从多角度定义绿色投资并分析其发展现状,选取单一或多个省区市、不同国家作为研究样本,建立不同实证模型来衡量绿色投资效率,并将倡议等融入绿色投资分析体系。国外学者虽然较为完善地分析了绿色投资的起源、发展、现状,但较少基于我国绿色投资发展实际情况展开研究,因此难以契合我国绿色投资发展要求。国内学者在测度绿色投资效率水平方面多基于我国31个省区市的面板数据或单一省区市的数据,在“一带一路”背景下多选取“一带一路”沿线国家作为研究样本。鉴于此,本文拟采用以投入为导向的三阶段DEA模型,通过实证研究对17个“一带一路”沿线省区市的绿色投资效率进行评价。本文的可能创新之处在于:选择“一带一路”沿线省区市作为特定研究区域来测度绿色投资效率,并比较“一带”和“一路”沿线省区市间的绿色投资效率差异,有助于完善“一带一路”背景下区域绿色投资效率评价研究。

三、理论分析

在传统的环境库兹涅茨曲线理论中,经济发展对环境造成的不利影响呈现先增后减的倒“U”趋势。在理论动态演进过程中,许多学者对环境库兹涅茨曲线的形态提出质疑,但大多数学者通过实证分析证明了倒“U”型曲线是普遍存在的^[14-15]。一般来讲,经济发展通过技术进步效应、结构转换效应对环境质量和投资效率产生影响;同时,在经济发展过程中,城市化、产业结构转变、对外开放等也会通过不同的作用机制影响环境质量和绿色投资^[16]。

经济发展对绿色投资效率的影响效应表现在两个方面:一是技术进步效应。经济发展会带来技术效率的提升和创新,提高生产水平,降低资源虚耗,绿色发展的优越性会促使企业加大绿色投资研发力度,从而促进绿色投资效率水平提升。经济发展能够促进技术创新,技术创新会带来绿色全要素生产率的提升,从而形成良性循环。二是结构转换效应。新结构经济学认为,产业结构内生于要素禀赋及其结构,而要素禀赋处于动态变化中,经济发展过程中随着生产要素相对价格的变化,要素禀赋结构会发生转变,从而促进产业结构向资本和技术密集型转变。高污染、高能耗、高排放的经济发展方式转变和产业结构升级以及收入增长会带来消费观念的转变和消费结构的升级,进而促进绿色投资效率水平提升。同时,经济发展能够促进资源价格市场化,价格杠杆和产权制度能够促进产业结构和发展方式转变,从而使得经济与环境协调发展。

城市化通过增加经济产出、扩大投资规模、转变生产和消费方式等途径对绿色投资效率水平产生影响。在人口迁徙和工农业转变过程中,资源浪费和环境污染不可避免,虽然城市化能够促进经济产出的增加,但由此带来的消费方式转变也会对绿色投资效率水平产生不利影响。一方面,城市化的规模效应在于新兴城市群的兴起使得区域经济的生产和投资规模扩大,这虽然能够促进经济产出增加,但资源消耗、污染物产出等也会增加;另一方面,城市规模的扩大使得城市在发展到一定水平时开始注重经济与环境的协调问题,收入增加和消费结构变化使得城市居民对绿色产品和环境友好型生产企业形成越来越大的需求。这些影响机制使得能源需求和环境承载力成为影响城市绿色发展的重要因素。

产业结构转变通过资源配置、资源消耗、产业创新和技术进步等对绿色投资效率产生影响。产业结构演进的一般规律为从传统产业向现代产业转变,从低端产业向高端产业转变,从高污染、高能耗、高排放产业向低污染、低能耗、低排放产业转变。产业结构转变的过程实际上也是资源消耗总量和结构变化的过程,并且基于解决环境问题的考虑对绿色投资的需求会日益增加。在产业结构转变过程中,产业信息化水平提升、轻重工业转换、技术进步和创新等因素会使得社会投资结构发生变化,从而对绿色投资效率产生影响^[17]。

在对外开放初始阶段,由于投资地经济发展水平较低,外商投资主要集中在资源消耗性产业,从而导致投资地的资源过度消耗和环境污染物大量排放。当对外开放发展到较成熟阶段时,由于产业升级及配套产业日臻完善,投资地良好的投资条件有利于吸引高新产业进驻,形成创新技术和人才资本的集聚效应,从而使得外商投资中的环境规制和技术溢出效应有利于促进绿色投资效率提升^[18]。

四、研究设计

(一)研究方法

本文研究17个“一带一路”沿线省区市绿色投资效率水平和影响效率水平的因素,采用以投入为导向的三阶段DEA模型进行实证分析。借鉴Zhou等^[6]、王娜等^[8]、苏伟洲等^[12]的分析框架,结合传统三阶段DEA模型理论体系,本文将每一阶段的具体内容安排如下:

1. 第一阶段。假定规模效应存在,我们应用传统的投入导向DEA模型对17个省区市的效率进行DEA分析。本文将通过计算得到的纯技术效率(PTE)和规模效率(SE)相乘,可得到综合技术效率(TE),

若 $TE=1$, 则决策单元有效率; 若 $TE<1$, 则决策单元无效率。

2. 第二阶段。我们构建 SFA 模型来测度松弛变量与环境因素之间的相关关系, 从而反映影响绿色投资效率的因素。借鉴相关文献^[8,12], 本文未对环境变量进行标准化处理, 所得结果能够通过检验, 说明本文的处理方法是合理的。

我们对每一决策单元构建回归方程 $s_{ij} = f^i(z^j; \beta^i) + v_{ij} + u_{ij}$, 其中 s_{ij} 代表决策单元 j 的第 i 个松弛变量; $z^j = (z^{1j}, z^{2j}, z^{3j}, z^{4j})$ 代表 4 个环境变量; $f^i(z^j; \beta^i) = \beta_0 + \beta_1 \times z_1 + \beta_2 \times z_2 + \beta_3 \times z_3 + \beta_4 \times z_4$, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 分别为 SFA 估计的系数, z_1, z_2, z_3, z_4 分别是三个环境变量; v_{ij} 为随机扰动项; u_{ij} 为管理无效率项, 其分离

$$\text{公式为 } E(u/\varepsilon) = \delta_* \left[\frac{\varphi\left(\lambda \frac{\varepsilon}{\sigma}\right)}{\phi\left(\lambda \frac{\varepsilon}{\sigma}\right)} + \lambda \frac{\varepsilon}{\sigma} \right], \text{ 其中 } \delta_* = \frac{\sigma_u \sigma_v}{\sigma}, \sigma = \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}, \lambda = \sigma_u / \sigma_v.$$

另外, 我们根据公式 $x_{ij} = x_{ij} + [\max(z^j \beta^i) - z^j \beta^i] + [\max(v_{ij}) - v_{ij}]$ 计算出调整后的投入值。

3. 第三阶段。我们把通过第二阶段剔除环境变量和随机因素之后的新投入值和原产出值代入传统的投入导向 DEA 模型, 得到新的测度结果。

(二) 指标选取

三阶段 DEA 模型应用需要与绿色投资有关的投入和产出变量。现有文献^[8]中对变量的选取主要包含以下几组: 投入变量方面, 从资金投入的角度, 主要选取环境污染治理投资总额、工业污染源治理投资为投入指标; 从劳动力投入的角度, 主要选取环保系统实有人员数为投入指标。产出变量方面, 选取建成区绿化覆盖率、污水处理厂污水处理能力、工业固体废物综合利用率、生活垃圾无害化处理量为产出指标。借鉴王娜等的分析框架^[8], 本文选取上述几组变量构建投入和产出指标体系。由于指标的统计口径一致, 且在年际之间具备可比性, 故本文未对指标进行平减处理。

对环境变量的选取, 结合理论部分的分析, 本文考虑以下几方面: (1) 经济发展。经济发展水平的高低会影响绿色投资效率, 经济发展水平较高地区更加注重环境保护与可持续发展问题, 从而绿色投资效率水平更高。本文选取各省区市的人均 GDP 作为经济发展水平的衡量指标。(2) 第二产业发展水平。第二产业集中了高投入、高排放、高污染行业, 与绿色投资效率密切相关。本文选取各省区市第二产业产值占 GDP 的比重作为第二产业发展水平的衡量指标。(3) 城市化水平。城市对环境建设的要求更高, 且具备更好的绿色投资发展条件。本文选取各省区市的城镇人口占比作为城市化水平的衡量指标。(4) 对外开放程度。对外开放对绿色投资的影响利弊并存。本文选取各省区市的贸易开放度作为衡量指标, 即为进出口总额与 GDP 之比。

各变量的定义如表 1 所示。

DEA 模型要求产出随投入的增加而增加。我们利用 Stata 软件进行 Spearman 检验, 结果如表 2 所示。检验系数均在 0 和 1 之间, 说明投入与产出之间存在正相关关系, 这一结果符合模型构建的条件。

(三) 样本选择及数据来源

本文的研究区域为 17 个“一带一路”沿线省区市, 由于西藏地区的相关数据缺失, 本文不予考虑。为更好地实施“一带一路”倡议, 我国在规划中圈定了 18 个重点省区市, 并

表 1 变量定义表

类别	变量名称	变量代码
投入变量	环境污染治理投资总额(亿元)	eci
	工业污染源治理投资(亿元)	ici
	环保系统人员数(人)	nep
产出变量	建成区绿化覆盖率(%)	gcr
	污水处理厂污水处理能力(万立方米/日)	stc
	工业固体废物综合利用率(%)	isw
	生活垃圾无害化处理量(万吨)	hdg
环境变量	人均GDP(元/人)	gdp
	第二产业占比(%)	sed
	城镇人口占比(%)	cz
	贸易开放度	tro

表 2 投入值和产出值的 Spearman 检验结果

投入	产出			
	gcr	stc	isw	hdg
eci	0.6062	0.8255	0.3392	0.8353
ici	0.4308	0.6558	0.1814	0.6786
nep	0.3680	0.6886	0.0246	0.7729

给予这些省区市不同的定位,具体如图1所示。

本文以2003—2017年我国17个“一带一路”沿线省区市的数据为研究样本,数据来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国环境年鉴》和各省区市的统计年鉴。对于个别缺失的数据,我们采用取平均值的方法获得。变量的描述性统计结果如表3所示。

由表3可知,环境污染治理投资总额约占全年GDP水平的1.2%,其中约10.3%投入工业污染治理中,说明目前环境污染治理的重点在于工业污染物排放。各省区市之间的产出变量差距较大,说明各省区市的绿色投资产出值和绿色发展水平存在差异。环境变量所有指标的差距均较大。

五、实证结果及分析

(一)第一阶段结果

1. 静态分析

本文利用DEAP2.1软件对17个省区市2003—2017年的绿色投资效率进行测度,结果如表4所示。

由表4可知,我国“一带一路”沿线省区市目前的绿色投资大多处于缺乏效率的状态,总体纯技术效率和规模效率的测度值分别为0.815和0.874,且纯技术效率更低,说明两种效率水平低下尤其是纯技术效率低下是导致“一带一路”沿线省区市绿色投资缺乏效率的主要原因。

绿色投资效率水平与地区经济发达程度没有呈现出完全相同的变化趋势,测度结果显示投资效率高的5个省区市经济发展水平各不相同:浙江和上海处于我国经济发展的前沿水平,宁夏和青海的经济发展水平较为落后,海南作为我国“三区一中心”的省份具有很好的经济发展前景。同时,各省区市的绿色投资效率存在较大差异,从“一带”和“一路”角度来看,前者的平均效率水平为0.630,低于总体水平;后者的平均效率水平为0.856,高于总体水平。

2. 动态分析

本文利用DEAP2.1对17个省区市15年间每一年的绿色投资效率进行测度,所得结果如表5所示。

首先,2003—2017年间,各省区市的绿色投资绝大多数缺乏效率,且均存在波动,“丝绸之路经济带”省区市的波动程度更大,“21世纪海上丝绸之路”省区市的波动程度较小,因为“21世纪海上丝绸之路”省区市的经济发展水平和绿色投资效率水平更高,具备相对优化的产业结构和技术水平,在减少绿色投资虚耗方面更有经验,更容易克服外界环境和不利因素对绿色投资效率造成的波动。同时,在测度区间内,各省区市2017年的绿色投资效率水平较2003年均有所提高,说明总体来看,“一带一路”沿线省区市的绿

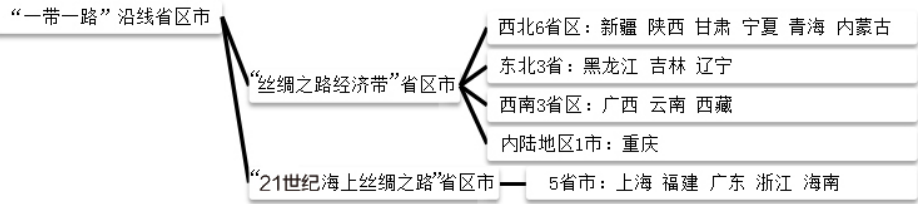


图1 “一带一路”沿线省区市

表3 变量的描述性统计结果

变量	最大值	最小值	平均值	标准差
eci	1416.2	3.6	146.4	149.9
ici	77.5	0.2	15.1	13.6
nep	12520	620	4478.8	2646.4
ger	43.7	16.96	34.9	5.6
stc	2172.3	8.5	299.3	351.6
isw	97.5	17.6	62.5	19.4
hdg	2591.2	29.6	378.1	395.4
gdp	126634	5429	34661.39	22339.55
sed	58.38	22.33	45.65	7.37
cz	91.55	26.74	52.59	13.4
tro	1.72	0.016	0.329	0.397

表4 第一阶段的DEA静态结果

省区市	综合效率	纯技术效率	规模效率
新疆	0.553	0.592	0.935
陕西	0.333	0.388	0.857
甘肃	0.478	0.533	0.896
宁夏	1.000	1.000	1.000
青海	1.000	1.000	1.000
内蒙古	0.454	0.540	0.840
重庆	0.507	0.566	0.896
广西	0.565	0.617	0.915
云南	0.577	0.743	0.777
黑龙江	0.774	1.000	0.774
吉林	0.792	1.000	0.792
辽宁	0.532	0.882	0.603
浙江	1.000	1.000	1.000
上海	1.000	1.000	1.000
福建	0.783	1.000	0.783
广东	0.784	1.000	0.784
海南	1.000	1.000	1.000
总体	0.714	0.815	0.874

色投资效率水平在波动中呈现上升态势。

表5 第一阶段DEA动态结果

省区市	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
新疆	0.553	0.627	0.704	1.000	0.953	0.689	0.549	0.656	0.608	0.583	0.400	0.405	0.477	0.530	0.541
陕西	0.333	0.419	0.436	0.567	0.441	0.502	0.415	0.403	0.607	0.443	0.449	0.481	0.459	0.490	0.390
甘肃	0.478	0.833	0.437	0.514	0.607	0.755	0.607	0.431	0.893	0.308	0.257	0.330	0.471	0.310	0.611
宁夏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
青海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
内蒙古	0.454	0.475	0.594	0.310	0.375	0.323	0.392	0.304	0.313	0.340	0.238	0.257	0.272	0.321	0.303
重庆	0.507	0.725	0.775	0.758	0.657	0.714	0.601	0.606	1.000	1.000	0.571	1.000	0.649	1.000	1.000
广西	0.565	0.559	0.500	0.470	0.498	0.501	0.428	0.389	0.496	0.565	0.394	0.532	0.429	0.553	0.861
云南	0.577	0.837	0.771	0.646	1.000	0.780	0.573	0.526	0.472	0.416	0.348	0.422	0.395	0.441	0.873
黑龙江	0.774	0.726	1.000	0.641	0.645	0.537	0.544	0.726	0.584	1.000	0.309	0.513	0.482	0.490	0.810
吉林	0.792	1.000	0.745	0.578	0.766	0.604	0.741	0.463	0.653	0.835	0.625	0.566	0.531	0.877	1.000
辽宁	0.532	0.620	0.616	0.533	0.696	0.605	0.529	0.644	0.767	0.818	0.522	0.576	0.698	0.849	1.000
浙江	1.000	1.000	1.000	0.879	0.789	0.897	0.981	1.000	1.000	0.679	0.722	0.809	0.806	0.888	0.879
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
福建	0.783	0.788	0.748	0.668	0.704	0.829	0.899	0.682	0.641	0.490	0.516	0.758	0.612	0.668	0.839
广东	0.784	1.000	0.998	0.970	1.000	1.000	1.000	0.663	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
海南	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.821	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

其次,本文对“一带”和“一路”省区市的绿色投资效率水平进行进一步的比较分析。

“21世纪海上丝绸之路”省区市虽未全部达到高效率水平,但测度结果相对较高且存在提升趋势,波动程度小,因为“海上丝绸之路”沿线省区市多为沿海地区,地理位置优越,经济较为发达,技术创新能力较强,环境治理投资充足,能够较好地实现经济增长与资源环境之间的协调发展。近年来,绿色证券市场和碳排放交易市场的兴起也使得这些地区的企业发展趋向绿色化。

静态分析测度结果说明“丝绸之路经济带”省区市的总体投资效率水平更低,原因在于这些省区市的地理位置存在较大差异,因此我们根据动态分析结果对不同省区市出现低效率水平的原因做进一步的细化分析如下:(1)位于“丝绸之路经济带”的西北部六省区中除宁夏和青海外,其他省区的效率水平均很低。六省区地处内陆,地理面积大、自然资源丰富,但生态系统脆弱,受到地理位置、自然气候、传统理念等因素的限制,其发展多依靠资源型城市和传统老工业基地,这必然会引发环境问题,再加上这些省区对绿色发展认识缺乏,从而造成绿色投资效率水平低下的局面。宁夏和青海的测度结果处于DEA有效范围内,虽然经济产出较低的现实可能导致其经济发展过程中产生的环境资源消耗与污染排放较低,但与其他四省区存在较大差异,因此需要进一步检测第一阶段结果的准确性。(2)位于“丝绸之路经济带”的东北部三省作为我国的工业摇篮、石油产区,经济发展以工业(尤其是重工业)为支撑,初期粗放式的发展模式对环境造成了严重损害,从而导致了低效率水平。近年来,三省的绿色投资效率测度值波动幅度很大,以重工业为基础的经济发展模式已不适当当前经济发展需求以及城市和企业面临经济转型是导致这一现象出现的重要原因。自2014年以来,三省为改变经济下滑态势,开始注重利用市场合理配置资源、利用金融市场为资本注入新动力,这一系列举措在利于经济发展的同时也利于解决环境问题,但由于经验缺乏、技术水平限制等,绿色投资效率水平在提升的同时依然存在大幅度波动问题。(3)广西和云南作为“丝绸之路经济带”的西南部省区,工业基础薄弱,经济发展较为落后,在20世纪初我国对外开放的浪潮中获得了劳动力流动条件,开始进入第三产业发展浪潮。近年来,随着经济发展的深入,这两个省区开始逐渐发展低端制造业,生产要素逐渐由农业向服务业和制造业转移,虽然在产业结构转变初期要素配置的不合理造成了资源虚耗和环境污染,但随着经验积累、资源配置合理化,产业结构逐渐趋向合理,环境资源虚耗降低,绿色投资效率水平提升。(4)重庆是位于“丝绸之路经济带”内陆地区的直辖市,也是长江经济带的重要经济中心之一。近几年现代制造业发展迅速,但三峡库区的特殊地理位置使得重庆在位列六大工业基地之一的同时,也存在较为明显的二元经济结构特征。工业占比较高和早期城市化水平较低使得重

庆在20世纪初的绿色投资缺乏效率。近几年来,重庆的绿色投资效率水平提升较快,原因在于产业结构调整、现代制造业发展降低了资源虚耗,增强了环境保护意识。对重庆新的定位——在推进新时代西部大开发中发挥支撑作用、在推进共建“一带一路”中发挥带动作用、在推进长江经济带绿色发展中发挥示范作用,也使得绿色发展在其经济发展中发挥着越来越重要的作用。

通过以上分析可知,“一带”省区市绿色投资效率水平低下和出现波动可归因于发展初期产业结构和资源配置的不合理以及发展后期产业结构的转变,生产要素和产业结构是否契合本地区状况是影响绿色投资效率水平的关键因素。

(二)第二阶段结果

我们在第一阶段得出了各投入变量的松弛变量,本部分以各松弛变量为被解释变量、各环境变量为解释变量,利用Frontier4.1软件得到第二阶段的回归结果,如表6所示。

表6 第二阶段回归结果

变量	松弛变量1		松弛变量2		松弛变量3	
	系数	t值	系数	t值	系数	t值
β_0	-96.61	-1.7844	-1.9412	-0.3554	-1388.115	-1.7795
<i>gdp</i>	0.0008	1.6272	0.00004	0.7331	0.0002	0.0290
<i>sed</i>	2.8053	3.361	0.2057	2.3098	16.1603	1.5651
<i>cz</i>	-1.1664	-1.0975	-0.2078	-1.8235	12.8745	0.7996
<i>tro</i>	23.444	1.0270	5.9745	2.3372	-330.6636	-0.8831
sigma-squared	16692.844	9.3568	255.2468	3.1189	3458044.3	1639855.6
gamma	0.6354	12.5842	0.8016	12.0333	0.8318	54.5575
LR		52.2813		70.1348		204.2239

从GDP与松弛变量的关系来看,本文以GDP水平替代经济发展水平,可近似地认为经济发展水平提升降低了我国绿色投资效率

水平,这与预期相反,原因可能在于:第一,目前我国经济发展多由工业、能源产业等主导,从而导致大量的环境污染,且绿色投资投入增加额低于经济发展速度,因此经济发展的同时绿色投资效率降低也具有一定的合理性;第二,仅以GDP来衡量经济发展水平存在一定的片面性,因为这只能说明经济增长态势,不能完全代表经济发展水平。

从第二产业占比与松弛变量的关系来看,第二产业的发展会导致我国绿色投资效率水平降低。第二产业以工业为支柱,目前的污染物多来自工业污染,工业发展会导致大量能源消耗、污染物排放,从而造成环境问题,降低效率水平。

从城镇人口占比与松弛变量的关系来看,城市化水平的提高对绿色投资效率的影响是利弊并存。一是城市人口的增加会带来更多的资源消耗,从而导致环境问题,在短时间内较难解决,且城市的集聚也常常带来工业的集中,从而造成更多的环境污染;二是城市人口更加注重良好的生活环境,对绿色投资重视程度的提高会促进其效率的提升。

从贸易开放度和松弛变量的关系来看,对外开放对我国绿色投资效率的影响也是利弊参半。“一带一路”倡议、税收优惠等政策会吸引更多来自发达经济体的外商投资,先进的发展理念和技术以及对外商投资严格的审查制度使其多表现为环境友好型,但对外开放中污染转移和外部性等问题会对环境造成不利影响。

(三)第三阶段结果

我们对第二阶段所得数据进行处理,得到剔除环境变量和随机因素后的投入值,利用新投入值和原产出值,采用DEAP2.1软件可得到调整后的各省区市的效率水平,如表7所示。

表7 第三阶段DEA结果

省区市	综合效率	纯技术效率	规模效率
新疆	0.949	1.000	0.949
陕西	0.949	1.000	0.949
甘肃	0.683	1.000	0.683
宁夏	0.791	1.000	0.791
青海	0.757	1.000	0.757
内蒙古	0.743	0.982	0.757
重庆	0.840	1.000	0.840
广西	0.946	1.000	0.946
云南	0.824	1.000	0.824
黑龙江	0.950	1.000	0.950
吉林	1.000	1.000	1.000
辽宁	0.977	0.990	0.987
浙江	1.000	1.000	1.000
上海	1.000	1.000	1.000
福建	1.000	1.000	1.000
广东	1.000	1.000	1.000
海南	1.000	1.000	1.000
平均	0.906	0.998	0.908

由表7可知,与调整前的绿色投资效率水平相比,各省区市的测度值存在明显变化,说明第三阶段剔除环境变量和随机因素后的测度结果更具有说服力。整体水平和大多省区市的绿色投资效率水平均有所上升,说明我国的绿色投资缺乏效率不仅仅是由技术水平低下造成的,不利的外部环境也是影响因素之一。绿色投资效率水平下降的省区为宁夏和青海,说明在位于“丝绸之路经济带”的西北部省区,地理位置、自然资源、产

业结构和传统理念影响着它们的绿色投资效率水平。

在剔除环境变量和随机因素后,我国的绿色投资效率仍未实现DEA有效,纯技术效率和规模效率测度值分别为0.998和0.908,说明“一带一路”沿线省区市绿色投资缺乏效率主要是由规模效率低下引起的,产业结构未能实现优化配置,资源配置不合理使得资源投入存在过度虚耗问题,扩大投入后增加的价值小于投入本身,从而导致绿色投资缺乏规模效率。

与调整前相比,调整后所有省区市的纯技术效率均有所提升,这印证了环境变量和随机误差的存在,说明我国在经济发展过程中,对外开放和城市化的技术管理水平较低,对“一带一路”沿线省区市的绿色投资造成了不利影响,经济发展中的低技术管理水平降低了绿色投资技术管理能力。调整后绝大部分省区市的规模效率水平同样有所上升,说明我国现有的经济发展和城市化发展中存在的资源配置不合理、规模效率缺乏等问题削弱了绿色投资的效率,对绿色投资过程中的资源配置产生了负面影响。调整后,“丝绸之路经济带”省区市的平均效率水平为0.867,仍低于整体平均水平;“21世纪海上丝绸之路”省区市的平均效率水平为1.000,仍高于整体平均水平,说明两者之间的差异仍然存在。

六、结论性评述

本文利用以投入为导向的三阶段DEA模型测度我国“一带一路”沿线省区市2003—2017年的绿色投资效率水平:在第一阶段,利用传统的具备规模效率的投入导向DEA模型,分别测度各省区市的平均效率水平和每一年的动态水平;在第二阶段,利用松弛变量与环境变量建立SFA回归模型,测度二者之间的相关关系,进一步反映环境变量与绿色投资效率之间的关系,并根据回归结果计算出剔除环境变量和随机因素后的投入值;在第三阶段,利用第二阶段计算得到的新投入值和原产出值,重新建立DEA模型,计算剔除环境变量和随机因素之后的各省区市绿色投资效率水平。得到如下结论:第一,在剔除环境变量和随机因素的影响之后,绿色投资的效率水平有所上升,说明环境变量和随机因素对绿色投资效率存在影响,第三阶段的测度结果更具有说服力。第二,我国“一带一路”沿线省区市的绿色投资普遍缺乏效率,“一带”省区市的平均值为0.630,低于总体水平;“一路”省区市的平均值为0.856,高于总体水平,二者之间存在显著的地区差异。第三,纯技术效率和规模效率缺乏会导致我国绿色投资效率水平低下,技术管理水平较低、产业结构未能实现优化配置以及资源配置不合理使得资源投入存在过度虚耗问题,从而降低了绿色投资效率。

根据所得结论,本文提出以下对策建议:第一,紧密结合地区不同的绿色投资发展现状,适时适度制定相关制度策略。由于各地区的绿色投资效率水平存在差异,因此,一方面政府的制度策略制定应当因地制宜,充分考虑地区短板和比较优势,选择合适时机和力度使规制效果最大化,如新疆的天山南北推广建立绿色工厂,在政府政策支持下将生产过程中产生的废物制成新型环保建筑材料用于井下膏体充填和地表采空区治理;另一方面应具备长远眼光,分阶段建立制度策略和监管体系,精准把握并缩小差异。第二,“丝绸之路经济带”省区市应根据不同地区的要素丰裕度和经济发展现状,合理利用环境规制来促进产业结构调整,并结合不同经济圈特征,构建绿色投资和环境监管区域协调发展机制。通过适度的环境规制以及绿色金融、税收优惠、环保补助等举措帮助企业获得技术进步、提高绿色全要素生产率、突破贸易绿色壁垒,使产业结构逐步优化;在制度策略制定过程中,不仅应考虑本地区的绿色投资发展现状,还应考虑对邻近地区可能产生的影响,在本地区内将政策效用发挥到最大化的同时,避免对邻近地区的绿色投资产生抑制作用,并力争建立区域间绿色投资协同发展体系。第三,对于“21世纪海上丝绸之路”省区市,沿海优越的地理位置和较为发达的经济、较强的技术创新能力使得其具备较好的吸引外资能力,因此可以提升外资引进质量,并在引资过程中加大环境规制力度,进而进一步提升这些省区市的绿色投资效率水平。同时,为避免外资廉价使用环境资源,地方政府应加大管制力度,通过税收优惠、技术引进等

策略,正确引导外资在促进产业结构升级和实现绿色可持续发展中最大限度地发挥积极作用。

参考文献:

- [1] 张济建,于连超,毕茜,等.媒体监督、环境规制与企业绿色投资[J].上海财经大学学报,2016(5):91-103.
- [2] 袁广达.绿色投资、绿色资本及其价值[J].现代经济探讨,2009(11):13-16.
- [3] Eyraud L, Clements B, Wane A. Green investment: Trends and determinants[J]. Energy Policy, 2013, 60(6):825-865.
- [4] 唐跃军,黎德福.环境资本、负外部性与碳金融创新[J].中国工业经济,2010(6):5-14.
- [5] Starr M A. Socially responsible investment and pro-social change[J]. Journal of Economic Issues, 2016, 42(1):51-73.
- [6] Zhou P, Anger B W, Poh K L. Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies[J]. Energy Economics, 2009, 1(30):1-14.
- [7] Song M L, Wang S H. DEA decomposition of China's environmental efficiency based on search algorithm[J]. Applied Mathematics and Computation, 2014, 47(23):56-66.
- [8] 王娜,申俊亚,周天乐.基于三阶段DEA方法的绿色投资效率研究[J].财经理论与实践,2017(2):42-47.
- [9] 蔡绍洪,魏媛,刘明显.西部地区绿色发展水平测度及空间分异研究[J].管理世界,2017(6):174-175.
- [10] 危平,舒浩.中国资本市场对绿色投资认可吗?——基于绿色基金的分析[J].财经研究,2018(5):23-35.
- [11] 梁鑫鑫,危平.中国股票市场“绿化”投资组合的策略选择研究[J].上海财经大学学报,2019(3):49-62.
- [12] 苏伟洲,李航,钱昱冰,等.“一带一路”沿线省份工业环境效率评价及影响因素研究[J].科技进步与对策,2018(19):155-160.
- [13] 孟凡鑫,李芬,刘晓曼,等.中国“一带一路”节点城市CO₂排放特征分析[J].中国人口·资源与环境,2019(1):32-39.
- [14] 许广月,宋德勇.中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究——基于省域面板数据[J].中国工业经济,2010(5):37-47.
- [15] 马丽梅,史丹.京津冀绿色协同发展进程研究:基于空间环境库兹涅茨曲线的再检验[J].中国软科学,2017(10):82-93.
- [16] 崔鑫生,韩萌,方志.动态演进的倒“U”型环境库兹涅茨曲线[J].中国人口·资源与环境,2019(9):74-82.
- [17] 史丹.绿色发展与全球工业化的新阶段:中国的进展与比较[J].中国工业经济,2018(10):5-18.
- [18] 齐绍洲,徐佳.贸易开放对“一带一路”沿线国家绿色全要素生产率的影响[J].中国人口·资源与环境,2018(4):134-144.

[责任编辑:王丽爱]

A Study on the Evaluation of Green Investment Efficiency in Provinces along “The Belt and Road”

CHEN Zuhua, HE Zhaoyu

(School of Economics, Nanjing Audit University, Nanjing 211815, China)

Abstract: Based on the data of the 17 provinces and cities along the “Belt and Road” from 2003 to 2017, this paper uses an input-oriented three-stage DEA model to measure the green investment efficiency level of each province and city, and analyze the environmental factors affecting the investment efficiency level. The empirical results show that the current green investment in the provinces along the “Belt and Road” is generally inefficient, and the measurement results in “Silk Road Economic Belt” provinces and cities are lower than the overall average, and the measurement results in “Maritime Silk Road” provinces and cities are higher than the overall average. After eliminating the impact of environmental variables and random factors, the level of green investment efficiency has increased, indicating that existing environmental factors have an impact on investment efficiency. The lack of pure technology efficiency and scale efficiency will lead to low efficiency of green investment in China. What's worse, the low level of technical management, the failure of optimal allocation of industrial structure and the unreasonable allocation of resources will lead to the problem of excessive consumption of resources investment, thus reducing the efficiency of green investment.

Key Words: green investment efficiency; green development; “The Belt and Road”; industrial restructuring; resource allocation; urbanization; opening to the outside world; environmental pollution control