

中国省际环境治理投资效率评价及其影响因素研究

——基于非期望 SBM-Tobit 模型

李洪伟,李晓璐,陶 敏

(山东科技大学 经济管理学院,山东 青岛 266590)

摘 要:基于环境治理投资效率的相关研究,从环境治理投资的财力、物力、人力三个方面选取四项投入指标,两项非期望产出指标,且将国内生产总值以及处理能力纳入期望产出指标,建立环境治理投入产出评价指标体系。在此基础上使用 SBM-Undesirable 模型,选取 2006—2015 年我国 30 个(除西藏外)省市(自治区)10 年环境相关指标数据为数据来源,对各省市区环境治理投资效率进行测算评价,同时采用 Tobit 模型找出影响我国各省市区环境治理投资效率的各项因素,结合我国各省市区环境治理现状提出改进策略,从而更有效地提高我国各省市区的环境治理投资效率。

关键词:环境治理投资效率;SBM-Undesirable 模型;Tobit 模型;影响因素

中图分类号:F124;X321

文献标识码:A

文章编号:1008-7699(2019)05-0078-10

一、引言

自 20 世纪 80 年代以来,我国经济快速发展,粗放型经济增长方式导致环境污染日趋严重,尽管我国近年来不断增加在环境治理上的财力、物力、人力投资,但是环境污染治理尚未达到让人满意的效果,尤其是近几年雾霾现象频发,威胁到人类自身的生存与发展,因此,对环境治理投资问题的研究分析已成为中西方学者研究的热点问题之一。随着环境治理投入的增加,尤其是技术投入的增加,以及环境指标的变化,原有的评价指标体系已不能全面反映我国环境治理的投入产出情况,因此本文基于环境治理实际投入产出,构建新的评价指标体系,对各省市区环境治理效率进行测算分析。同时采用 Tobit 回归模型对影响环境治理效率的各个因素进行实证分析,在此基础上,提出环境治理投资效率的提升策略,为我国环境治理提供科学的决策支持。

二、文献回顾

国外对环境治理投资效率已有不少研究。Susmita Dasgupta 和 Benoit Laplante(2001)分析了环境监管以及污染定价对环境治理效率的影响,并且提出环境监管比污染收费更能改善环境治理绩效^[1]。Ivan Ruzicka(2003)采用压力—状态—响应(P-S-R)概念框架模型对湄公河的环境绩效进行了评价,并讨论了外商直接投资对改善环境的作用^[2]。B.M. Jeon 和 R.C. Sickles(2004)在评价指标体系中加入非期望产出——二氧化碳和其他温室气体的排放量,运用方向性距离函数对经济增长效率进行了评价分析^[3]。Alfred Marcus 和 Joel Malen(2013)分析了风险投资作为清洁能源资金来源的潜力和局限性,并且针对如何提高投资效率的问题也进行了研究^[4]。另外,国外一些经济组织对于环境治理相关问题也进行了研究,经济合作与发展组织(OECD)(2003)提出,当环境治理投资总额占国内生产总值比重为 1%—1.5%

收稿日期:2019-01-16

基金项目:国家自然科学基金青年项目(71704095)

作者简介:李洪伟(1975—),男,山东兰陵人,博士,山东科技大学经济管理学院副教授。

时,污染将会得到控制,当比重达到 2%—3%时,污染将会得到改善。

国内相关学者也不断加深对环境治理投资效率的研究,完善评价指标体系以及测算模型,对不同区域的环境治理投资效率进行实证分析。陶敏(2012)基于 DEA-CCR 模型对 2009 年我国各省市的环境治理投资效率进行了测算,并采用灰色关联度分析方法证实环境治理投资总额是我国环境治理投资效率的关键影响因素^[5]。张悟移等(2013)采用 DEA 方法对 2010—2011 年我国 30 个省(除西藏)的环境治理投资效率进行了评价,并运用 Malmquist 指数动态分析了 30 个省份 2002—2011 年 10 年的效率变化,得出我国整体区域环境治理效率呈现下降趋势,且技术效率是导致效率偏低的主要原因^[6]。潘孝珍(2013)采用 DEA-BCC 模型评价分析了我国地方政府环境保护支出的效率,指出不同省市在环境保护支出效率上存在较大差异,并运用最大似然估计的 Tobit 模型分析了地方环境保护支出的影响因素^[7]。李冬冬等(2013)针对生态城市建设进程中水污染、大气污染、固体废物污染三个子系统的污染治理构建了三个投入产出评价指标体系,并基于并行链式 DEA 模型,运用 DEA-CCR 与 DEA-BCC 这两类模型分别对三个子系统的污染治理效率进行了测算和比较分析^[8]。陈明艺等(2013)采用 DEA 交叉评价模型对 2005—2010 年我国 30 个省市的环境治理财政政策效率进行了评价分析,指出我国总体的环境治理效果不理想,且西部地区的环境治理水平高于东部地区^[9]。胡伟等(2014)构建了太湖流域企业污水治理的评价指标体系,采用 DEA-CCR 模型对 20 家企业的污水治理效率进行了实证研究,同时对非 DEA 有效企业进行了排污量调控分析^[10]。王俊霞等(2015)选取工业污染治理项目投资额、城市环境基础设施建设投资额、工业废水达标量等指标构建了我国环境投资效率的评价指标体系,并采用 DEA-Tobit 两阶段模型法对西部地区环境治理投资效率及其影响因素进行了实证分析,指出西部地区的环境投资效率与中国平均水平相近且高于东部地区^[11]。郑尚植等(2015)基于 DEA 和 Malmquist 指数对我国 28 个省份的环境治理投资效率进行了动态和静态两个角度的实证分析,指出我国各省份的环境治理投资效率在 1988—2012 年间处于低效率状态且在 1999—2012 年间呈下降趋势^[12]。刘丽波(2016)从环境治理投入的物力财力要素出发,构建了多投入多产出的评价指标体系,并采用规模报酬可变的 DEA-BCC 模型分别从废水、废气、固体废物三个层面对江西省不同地区的环境治理投资效率的相对有效性进行了分析^[13]。袁华萍(2016)采用 DEA-CCR 模型对 2005—2010 年我国各地区的工业污染治理效率进行了 DEA 视窗分析,指出我国大部分地区污染治理效率低下,且地区差异呈扩大趋势,并提出环境保护投资效率的提升路径^[14]。

综上所述,近年来关于环境治理投资效率评价指标体系以及测算方法的研究日趋完善,这些研究为我国各省不断优化环境治理投资结构提供了科学的决策依据以及方向性指导。但是,近几年《中国统计年鉴》的统计指标不断变化,原有的很多污染物去除或者处理量指标难以获取,因此,需要构建更加全面且更加符合环境治理相关投入产出实际的评价指标体系,并对影响环境治理投资效率的各种因素进行分析。针对上述问题,本文依据构建评价指标体系的原则,结合各地区污染治理现状,选取了四项投入指标、两项期望产出指标与两项非期望产出指标,并以《中国环境统计年鉴》《中国统计年鉴》以及《中国劳动统计年鉴》中 2006—2015 年我国各省市(自治区)环境指标数据为数据来源,利用非期望产出模型 SBM-Undesirable 计算我国各省市环境治理投资效率值,并采用 Tobit 模型分析影响我国环境治理投资效率变动的各项因素,以此为基础提出了相应的效率提升对策。

三、评价指标体系构建与数据选取

本文在已有环境治理投资效率相关研究的基础上,遵循系统性、科学性、可比性、独立性、可操作性、数据可得性等原则,充分考虑我国各省市环境治理投资的各项投入以及相应产出,将期望产出和非期望产出同时纳入,选取 2006—2015 年间我国 30 个省份的(除西藏)面板数据,构建环境治理投资效率评价指标体系,如表 1 所示。投入变量从环境治理投入的人、财、物三个方面选取四项指标;借鉴相关研究成果并考虑数据的可得性,选取国内生产总值(GDP)和废水处理总能力作为期望产出,选取废水排放总量

和工业废气排放量作为非期望产出。其中,废水处理总能力由工业废水治理设施处理能力和城市污水处理总能力两项加和汇总,各项投入产出指标数据均来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及《中国劳动统计年鉴》。

四、基于 SBM-Undesirable 的我国环境治理投资效率评价

(一) SBM-Undesirable 模型

数据包络分析方法(Data Envelopment Analysis, 简称“DEA”)是由著名的运筹学家 A Charnes 和 W.W. Cooper 等人于 1978 年创立的,是一种基于被评价对象间相对比较的非参数技术效率分析方法,能有效地处理多个指标多输入多输出的复杂问题。传统的径向 DEA 模型(如 CCR

和 BCC 模型)要求投入和产出同比例增加或减少,忽略了松弛变量对效率值的修正作用,但实际中投入和产出几乎无法做到同比例变化,存在产出增加和投入减少同时进行的情况。因此,Tone(2001)提出了一种非径向 DEA 模型——SBM 模型(slacks-based measure),充分考虑投入、产出松弛变量对效率值的影响,该模型能够更真实精准地衡量各决策单元投入产出效率。针对在产出中存在的非期望产出,Tone(2007)在 SBM 模型的基础上提出了 SBM-Undesirable 模型。

建立基于 SBM-Undesirable 的环境治理投资效率评价模型的具体步骤如下所述。

设环境治理投资效率评价指标体系中有 m 个投入指标; s_1 个期望产出指标, s_2 个非期望产出指标,这里 $m = 4, s_1 = 2, s_2 = 2$ 。

假设有 n 个待评价的省市,每一个省市称为一个决策单元(DMU)。为了使得测算效率具有统一的相对性,本文将我国 2006—2015 年 30 个省市环境治理投资效率一起计算,即 $n = 300$ 。

采用 SBM-Undesirable 模型测算环境治理投资效率,对各决策单元求解线性规划:

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{X_{i_0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r_0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r_0}^b} \right)}$$

s. t.

$$x_0 = X\Phi + s^-$$
$$y_0^g = Y^g\Phi - s^g$$
$$y_0^b = Y^b\Phi + s^b$$
$$s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \Phi \geq 0$$

(1)

式(1)中, X 、 Y^g 、 Y^b 分别代表不同省区投入、期望产出与非期望产出的向量集合, s^- 、 s^g 、 s^b 分别表示各决策单元投入松弛变量、期望产出松弛变量、非期望产出松弛变量, Φ 为各投入产出的权重向量。目标函数 ρ^* 关于松弛变量 s^- 、 s^g 、严格递减,且有 $0 < \rho^* \leq 1$ 。当 $\rho^* = 1$ 时,即当松弛变量 s^- 、 s^g 、 s^b 均为 0 时,该决策单元效率为 1,即该省市的环境治理投资效率最优;当 $\rho^* < 1$ 时,即 s^- 、 s^g 、 s^b 不全为 0 时,说明该决策单元效率小于 1,即该省市的环境治理投资效率非最优,存在投入冗余、期望产出不足或非期望产出过多等问题,环境治理投资尚存在改进的空间。

(二)基于 SBM-Undesirable 的我国环境治理投资效率评价

选取我国 30 个省市(除西藏外)的环境治理相关数据,利用 MATLAB 编程,运用 SBM-Undesirable 模型,并按东部、中部、西部进行区域分类,求得上述各省份环境治理投资效率的综合技术效率结果,如表 2 所示。

表 2 我国各省市的环境治理投资效率

	地区	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	均值	排名
东部	北京	0.967	0.953	1	0.989	1	1	1	1	0.89	1	0.98	3
	天津	0.863	0.839	0.957	0.972	1	1	0.93	1	1	1	0.956	6
	河北	0.851	1	1	0.784	0.754	0.468	0.657	0.437	0.584	0.442	0.698	24
	辽宁	0.686	0.802	0.722	0.773	0.835	1	0.55	0.719	0.92	1	0.801	19
	上海	0.943	1	0.97	1	1	0.747	1	1	0.795	1	0.946	8
	江苏	0.754	0.822	0.885	0.916	1	1	0.879	0.955	1	1	0.921	9
	浙江	0.897	0.886	0.905	0.886	0.853	0.771	0.731	0.838	0.853	0.93	0.855	14
	福建	1	0.957	1	0.995	1	0.897	0.887	0.85	0.935	1	0.952	7
	山东	0.894	0.81	0.853	0.887	0.938	0.848	0.948	1	1	1	0.918	10
	广东	1	1	1	1	1	0.744	1	1	1	1	0.974	4
	海南	1	1	1	1	1	1	1	1	0.944	1	0.994	1
	均值	0.896	0.915	0.936	0.927	0.944	0.861	0.871	0.891	0.902	0.943	0.909	9.545
中部	山西	0.792	0.703	0.701	0.639	0.644	0.624	0.603	0.503	0.476	0.418	0.61	27
	吉林	0.79	0.828	0.846	0.905	0.698	0.821	0.946	0.948	1	0.956	0.874	12
	黑龙江	0.98	1	0.843	0.824	0.919	0.605	0.87	0.693	0.722	0.828	0.828	15
	安徽	0.972	0.927	0.828	0.863	0.892	0.737	0.703	0.709	0.662	0.662	0.795	20
	江西	0.802	0.885	0.957	0.885	0.779	0.696	0.699	0.735	0.765	0.661	0.786	21
	河南	0.908	0.883	0.952	0.919	1	0.83	0.722	0.713	0.778	1	0.87	13
	湖北	0.935	1	0.967	0.869	0.931	0.721	0.787	0.902	0.916	1	0.903	11
	湖南	1	1	1	0.947	1	0.92	0.901	0.967	1	1	0.973	5
	均值	0.897	0.903	0.887	0.856	0.858	0.744	0.779	0.771	0.79	0.816	0.83	15.5
西部	内蒙古	0.608	0.716	0.736	0.798	0.812	0.719	0.862	0.856	0.806	0.86	0.777	22
	广西	1	1	1	0.926	0.868	0.662	0.685	0.653	0.647	0.684	0.812	18
	重庆	0.641	0.638	0.677	0.612	0.651	0.615	0.715	0.527	0.57	0.568	0.621	26
	四川	0.835	0.802	0.845	0.871	1	0.832	0.803	0.734	0.692	0.861	0.827	16
	贵州	0.839	0.925	0.99	1	1	0.77	0.701	0.707	0.627	0.657	0.822	17
	云南	1	1	0.925	0.805	0.823	0.748	0.74	0.577	0.588	0.553	0.776	23
	陕西	0.857	0.719	0.686	0.569	0.635	0.512	0.548	0.874	0.654	0.646	0.67	25
	甘肃	0.772	0.734	0.863	0.651	0.64	0.594	0.422	0.376	0.384	0.354	0.579	30
	青海	1	1	1	0.899	1	1	1	1	1	1	0.99	2
	宁夏	0.585	0.526	0.61	0.633	0.697	0.599	0.547	0.593	0.532	0.663	0.599	28
	新疆	1	0.831	0.756	0.624	0.674	0.394	0.317	0.362	0.341	0.543	0.584	29
	均值	0.831	0.808	0.826	0.763	0.8	0.677	0.667	0.66	0.622	0.672	0.733	21.45
全国	均值	0.874	0.875	0.884	0.851	0.87	0.765	0.775	0.778	0.774	0.814	0.826	15.31

从省际层面来看,我国各省市环境治理投资效率总体水平良好,但差距较大,综合效率介于 0.579—0.994 之间,其中海南、青海、北京、广东、湖南的效率排名位于前五,效率值均达到 0.97 以上,且有一半以上年份出现 SBM 有效单元;而甘肃省为 30 个省份中效率最低省份,效率值仅为 0.579。

从区域层面来看,本文选取的东部、中部、西部三大区域的环境治理投资效率均呈现“先上升后下降再平稳上升”的趋势。图 1 直观地反映了三大区域环境治理投资效率的变化,可以发现,东部地区环境治理投资效率历年均处于最高水平,中部与西部区域的环境治理投资效率水平差距不大,西部地区在 2009—2013 年间超越中部地区;

中部地区各省市环境治理投资效率水平差距相对较大,而西部地区各省市的效率水平普遍较低,东部地区 11 个省市除河北省,其他 10 个省市的效率值均在 0.8 以上,且有 8 个省市达到 0.9;西部地区 11 个省市中只有 4 个省市的效率值达到 0.8 以上,且只有青海省的效率值达到 0.9。

从演进趋势来看,2006—2015 年间,全国层面的环境治理投资效率呈现波动性。在 2006—2008 年间,为迎接 2008 年奥运而加大对环境治理的投入及政策性引导,使得三年间环境治理投资效率稳步提升。环境治理投资效率在 2010—2011 年间呈现下降趋势。2012 年起,一系列环境保护法规以及环境经济政策的颁布实施促进了环境污染治理,使得投资效率在之后年份开始呈现上升趋势。

五、我国环境治理投资效率的影响因素分析

(一)Tobit 模型简介

在对我国各省市环境治理投资效率的测算中,构建的评价指标体系中所含各项指标均为决策单元可控,忽略了决策单元的不可控因素,而这些因素却是造成各省市环境治理投资效率值不同以及东中西部区域效率差异的重要原因。研究中一般采用 DEA-Tobit 两阶段模型来测算效率并对其影响因素进行讨论分析(张垒,2015;汪克亮,2017)^[15,16]。由于在第一阶段中计算所得的各效率值介于 0 到 1 之间,因此在第二阶段利用 Tobit 模型进行回归时,需要考虑作为被解释变量的效率值的数据截取问题。若此时,采用普通最小二乘法(OLS),则估计结果将出现偏差且与实际不一致,影响研究结果。为了避免以上问题,通常采用受限因变量模型(Limited Dependent Variable Model),也就是 Tobit 模型来进行回归分析。本文以测算得到的中国 30 个省份 2006—2015 年的环境治理投资效率评价值为面板数据,采用面板数据 Tobit 模型对环境治理投资效率的影响因素进行分析。

受限因变量模型应该用于因变量的取值有限制的情况。

一般的,对于如下条件,

$$y_i = \begin{cases} \underline{c}_i & \text{if } y_i^* \leq \underline{c}_i \\ y_i^* & \text{if } \underline{c}_i < y_i^* < \bar{c}_i \\ \bar{c}_i & \text{if } \bar{c}_i \leq y_i^* \end{cases} \quad (2)$$

称 \underline{c}_i 和 \bar{c}_i 为审查点,分别是因变量的上下区间值。由于运用 DEA 方法所得的环境治理投资效率值介于区间 $[0,1]$,因此本文在研究环境治理投资效率的影响因素时,采用如下 Tobit 模型:

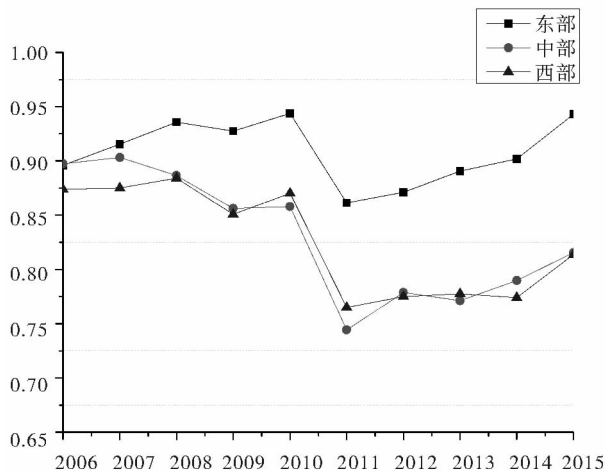


图 1 中国三大区域环境治理投资效率变化图

$$y_i^* = x_i\beta + \epsilon_i$$

$$y = \begin{cases} y_i^*, 0 < y_i^* \leq 1 \\ 0, -\infty < y_i^* \leq 0 \\ 1, 1 < y_i^* \leq +\infty \end{cases} \quad (3)$$

其中, y_i^* 为潜变量; y_i 为观察到的因变量; x_i 为自变量; β 为相关系数; ϵ_i 独立且 $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ 。

(二) 基于 Tobit 的影响因素分析

基于金荣学、张迪(2012)^[17], 张亚斌、马晨等(2014)^[18]等针对环境治理投资效率的影响因素的探究, 本文认为, 各省区环境治理投资效率的主要影响因素应从以下几个方面考虑。

(1) 经济发展水平。选取人均 GDP 表示该指标。我国东中西部经济发展不平衡, 发展水平和发展特征的差异势必会对环境治理投资效率产生一定影响。

(2) 产业结构。选取第二产业产值占地区生产总值的比重表示该指标。在三大产业中, 第二产业(即工业)投入高、能耗高、污染高且附加值低, 产业结构中工业占比的高低, 会对环境治理投资效率产生影响。

(3) 对外开放程度。选取某一省区进出口总额与地区 GDP 之比表示该指标。对外开放能够带来更为先进、环保的生产技术, 带动技术革新, 将会在一定程度上影响环境治理投资效率。

(4) 政府监管情况。选取某一省区环境污染治理投资与地区 GDP 之比、“三同时”完成项目数表示该指标。政府对环境治理的重视程度能够促进环境治理制度的不断完善, 但目前“三同时”项目的执行情况不乐观, 因此政府监管情况对环境治理投资效率的影响有待于进一步研究。

(5) 环保意识水平。选取环境来信总数和环境来访总数表示该指标。公众环保意识的提高, 有利于形成外部监督机制, 对环境治理投资效率产生影响。

(6) 技术进步。选取专利授权总数和单位地区生产总值能耗(等价值)表示该指标。技术水平的提高, 一方面能够降低能源消耗, 从而降低环境污染程度; 另一方面, 技术的发展推动经济增长, 对资源产生更多需求, 从而对环境产生负面影响。因此, 技术进步对环境治理投资效率的作用方向需通过实证予以观察。

另外, 数据考察期为 2006—2015 年, 包含我国 30 个省市自治区(不包括西藏)10 年内共 300 个样本单元。本文的基础数据源于历年的《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国环境年鉴》, 进出口总额折算成人民币单位时所使用的汇率为《中国统计年鉴》中汇率统计数据的年平均值。表 3 为我国各省市环境治理投资效率影响因素的描述统计。

本文基于 Tobit 回归模型建立如下模型:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \ln Rgdp + \beta_2 \ln cy + \beta_3 jck + \beta_4 tz + \beta_5 \ln sts + \beta_6 \ln xj + \beta_7 \ln pc + \beta_8 \ln zl + \beta_9 nh + \epsilon \quad (4)$$

其中: Y 表示环境治理投资效率; 右边为各省市环境治理投资效率的各个影响因素, 专利授权总数采用发明专利、实用新型专利、外观设计专利三种授权数量之和; β_i ($i = 0, 1, 2 \dots 9$) 为各项的回归系数; ϵ 为随机误差项。

通过 Eviews8.0 对上述方程进行回归, 得到结果如表 4 所示。

由表 4 可知, 在 $\alpha = 10\%$ 的显著性水平下, 人均 GDP、第二产业占比、进出口总额与地区 GDP 之比、环境治理投资总额与地区 GDP 之比、“三同时”执行项目数、环境来信总数对环境治理投资效率产生显著影响; 环境来访批次、专利授权总数、单位地区生产总值能耗(等价值)对环境治理投资效率的影响不显著。剔除掉不产生显著影响的变量, 再次进行回归, 结果如表 5 所示。

表 3 我国各省市环境治理投资效率影响因素的描述统计

解释变量名	变量简称	定义及单位	最小值	最大值	均值	标准差
经济发展水平	<i>Rgdp</i>	人均 <i>GDP</i> (元)	1 430.816	108 012.258	30 454.834	2.010
产业结构	<i>cy</i>	第二产业产值占地区生产总值的比重(%)	19.708	61.489	46.946	1.220
对外开放程度	<i>jck</i>	某一省区进出口总额与地区 <i>GDP</i> 之比	0.036	1.721	0.324	0.393
政府监管情况	<i>tz</i>	某一省区环境污染治理投资与地区 <i>GDP</i> 之比	0.400	4.240	1.374	0.660
	<i>sts</i>	“三同时”完成项目数(个)	80.964	32 532.667	2 517.446	2.724
环保意识水平	<i>xj</i>	环境来信总数(件)	49.999	11 538.580	4 651.756	4.509
	<i>pc</i>	环境来访总数(批次)	2.000	7 570.391	941.054	3.680
技术进步	<i>zl</i>	专利授权总数(个)	97.028	26 952.150	9 154.492	4.792
	<i>nh</i>	单位地区生产总值能耗(等价值)(吨标准煤/万元)	0.298	4.099	1.165	0.669

表 4 Tobit 回归结果 1

	系数	标准误	Z-统计量	P 值
lnRgdp	0.042	0.016	2.621 8	0.008 7
lncy	−0.079 2	0.046 2	−1.713 4	0.086 6
jck	0.089 8	0.025 7	3.494 1	0.000 5
tz	−0.148 3	0.012 4	−11.937 9	0
lnsts	−0.026 1	0.013 4	−1.949 9	0.051 2
lnxj	0.018	0.006 6	2.742 5	0.006 1
lnpc	−0.013 4	0.008 5	−1.575 7	0.115 1
lnzl	−0.012 4	0.011 1	−1.116 5	0.264 2
nh	−0.013 7	0.018 1	−0.756 4	0.449 4

表 5 Tobit 回归结果 2

	系数	标准误	Z-统计量	P 值
lnRgdp	0.036 2	0.013 6	2.655 4	0.007 9
lncy	−0.089 3	0.043 0	−2.078 1	0.037 7
jck	0.097 7	0.024 4	3.998 7	0.000 1
tz	−0.145 7	0.011 6	−12.578 3	0.000 0
lnsts	−0.042 0	0.009 5	−4.435 4	0.000 0
lnxj	0.012 6	0.005 8	2.151 2	0.031 5

根据 Tobit 回归模型所得的结果,可以得到。

(1)人均 GDP 对我国各省市环境治理投资效率的影响系数为正值(0.036 2),且通过了 5%水平的显著性检验,表明人均 GDP 水平越高,环境治理投资效率越大,经济发展水平对环境治理投资效率呈现显著正向促进作用。一方面,经济发展水平的提高推动环境治理技术的进步以及治理能力的提高,从技术层面有效提高了各省市环境治理投资效率;另一方面,人均 GDP 的提高,往往也意味着人们生活水平的提高,生活质量的提升会刺激人们对“绿色生活方式、绿色生活环境”的需求,有助于提升环境治理投资效率。

(2)第二产业产值占地区生产总值的比重对环境治理投资效率产生负向影响(-0.089 3),以工业(采掘业、制造业、电力、燃气等)为主的第二产业能耗大、物耗大,废水、废气、固体排放物等产生过程中的附属产物造成环境污染,这种粗放式发展的产业占比越大,对环境治理效率的负面影响越显著。

(3)进出口总额与地区 GDP 之比对环境治理投资效率的影响系数为正(0.097 7),且通过了 1%水平的显著性检验,说明对外开放程度对环境治理投资效率的提高有正向促进作用。对外开放程度越高,越有利于从国外获取先进技术与设备,从根本上提高环境治理的技术水平,并且吸取国外环境治理的经验教训,从而提高我国环境治理水平。

(4)政府监管情况中,“三同时”执行项目数 and 环境污染治理投资总额与地区 GDP 之比对环境治理投资效率均呈现显著负向影响。一方面,随着政府对环境治理制度的不断完善,我国“三同时”审批项目数量不断增多,这些项目虽然在控制污染物排放方面发挥了重要作用,但是由于个别企业在项目建设中执行不到位、政府对审批后的“三同时”建设项目监管不到位,促使许多项目得不到有效执行且对项目合格性的监测不够,这都导致“三同时”项目的执行率和执行合格率不高,从而导致环境治理投资效率降低;另一方面,虽然我国近年来对环境治理的投入不断加大,但是投入的资金使用率低,无法实现资金的有效配置,使其无法发挥预期效果,导致投入产出效率低下。

(5)环境来信总数对效率的影响系数为正,表明环保意识水平与环境治理投资效率之间存在显著的正相关关系。一方面,民众可以通过参与环境影响评价等方式对建设项目直接监督,让一些敏感且潜在的环境问题及时得到解决,从而提高项目建设的综合效益和长远效益;另一方面,民众环保意识水平的提高有助于形成环境外部监督机制,从而提高环保机构决策的准确率和环保投资资金的使用效率,有助于提高环境治理投资效率。

六、结论及政策建议

(一)研究结论

本文通过选取 2006—2015 年我国 30 个(除西藏外)省市(自治区)10 年环境相关指标数据为数据来源,应用 SBM-Undesirable 模型对我国的环境治理投资效率进行测算,并采用 Tobit 模型对影响我国各省市环境治理投资效率的主要因素进行实证分析,研究所得结论如下。

第一,我国各省市环境治理投资效率整体水平一般,地区之间差距较大,具有显著的地域特征。东部地区环境治理投资效率普遍较高,中部地区各省市效率水平一般且差距较大,而西部地区各省市的效率水平普遍较低,且随着时间推移,2006—2015 年 10 年间我国各省市环境治理投资效率整体呈下降趋势。

第二,通过采用 Tobit 模型对环境治理投资效率的主要影响因素进行实证分析,发现人均 GDP、进出口总额与地区 GDP 之比、环境来信总数对环境治理投资效率具有显著的正向作用;第二产业产值占地区生产总值的比重、环境污染治理投资总额与地区 GDP 之比、“三同时”执行项目数对环境治理投资效率具有显著的负向作用;单位 GDP 能耗、环境来访批次、专利授权总数对环境治理投资效率的影响不显著。

(二)政策建议

根据以上结论,结合我国各省市环境治理的现状,本文提出以下几点建议。

(1)制定环境治理投资规划,继续加大环境治理的人财物以及技术投资,增加财政内支出,同时吸引社会

资本,拓宽环保投资渠道,为环境治理提供强有力的经济支撑;重点提升环境治理的薄弱环节,尤其是工业废水、废气以及其他污染物治理的资金投入,提高投入资金的利用率,实现环境治理投资的有效配置。

(2)针对我国各省市环境治理投资效率差距大的现状,应根据各地区的环境污染状况以及资源条件,因地制宜地调整环境治理的投资方向与力度,此外,各地区之间需要加强资源优势互补,推动生态补偿横向转移支付制度建立,实现各地方政府间财政资金的相互转移,从而促进我国各区域经济与生态的协调发展。

(3)积极转变我国经济发展方式,实现经济绿色增长,坚持“预防为主”的治污思维,并且将环境标准作为企业生产可行性研究审查的重要指标,使环境指标成为衡量企业研发、生产制造、技术转移、回收利用等环节的关键指标,使环境考核贯穿企业产品生产的整个生命周期,严格监管治污不达标企业,推动节能环保型企业又好又快发展,从源头防治污染和保护生态环境。

(4)加大技术创新力度,积极引进高水平人才,提高我国在环境治理、节能减排方面的技术创新、自主创新能力,有效提高我国环境治理投资效率。继续增加我国各省市在环境治理方面的科研投入,坚持产学研相结合,同时开发环境治理新技术,增加技术创新项目,支持高技术产业发展,高效发挥科学技术要素在环境治理投入产出方面的作用,通过技术进步推动各省市环境治理投资效率稳步提升。

(5)加大政府环境执法力度,建立完善公众环保监督机制。我国《“十三五”生态环境保护规划》明确提出十三五期间将实施最严格的环境保护制度以提高环境质量,并且将对《“十三五”生态环境保护规划》定期开展评估考核,并纳入各省市领导干部综合考核评价体系,激励各级政府加强环保执行力。同时,完善社会监督机制,有效利用社会监督的力量,例如新闻媒体的舆论监督,积极组织广大人民群众以及其他社会力量有序参与和监督环境治理。

参考文献:

- [1]DASGUPTA S, LAPLANTE B. Inspections, pollution prices, and environmental performance: evidence from China[J]. *Eco-logical economics*, 2001(3): 487-498.
- [2]RUZICKA I. Conceptual framework for an environmental performance assessment (EPA) system for GMS countries[C]// *National Performance Assessment and a Strategic Environmental Framework for the Greater Mekong Subregion (SEF II)*. Kunming, 2003: 2-33.
- [3]JEON B M, SICKLES R. The role of environmental factors in growth accounting[J]. *Journal of applied econometrics*, 2004(5): 567-591.
- [4]MARCUS A, MALEN J. The promise and pitfalls of venture capital as an asset class for C lean energy investment: research questions for organization and natural environment scholars[J]. *Organization & environment*, 2013(1): 31-60.
- [5]陶敏. 我国环境治理投资效率评价及其关键影响因素[J]. *长江流域资源与环境*, 2012(1): 111-116.
- [6]张悟移, 陈天明, 王铁旦. 基于 DEA 和 Malmquist 指数的中国区域环境治理效率研究[J]. *华东经济管理*, 2013(2): 172-176.
- [7]潘孝珍. 中国地方政府环境保护支出的效率分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013(11): 61-65.
- [8]李冬冬, 张颖丽. 中国生态城市建设进程中环境污染治理效率研究[J]. *社会科学战线*, 2013(8): 268-269.
- [9]陈明艺, 裴晓东. 我国环境治理财政政策的效率研究——基于 DEA 交叉评价分析[J]. *当代财经*, 2013(4): 27-36.
- [10]胡伟, 钱茂, 刘广兵. 基于 DEA 模型的太湖流域企业污水治理效率[J]. *环境工程学报*, 2014(4): 1417-1422.
- [11]王俊霞, 王荣. 中国西部地区环境投资效率及其影响因素研究[J]. *环境污染与防治*, 2015(8): 100-105.
- [12]郑尚植, 宫芳. 我国地方政府环境治理投资的效率测度分析[J]. *岭南学刊*, 2015(2): 100-104.
- [13]刘丽波. 江西区域环境治理投资效率评价研究——基于政府统计指标数据和 DEA 分析法[J]. *中国统计*, 2016(6): 68-70.
- [14]袁华萍. 基于 DEA 视窗分析的中国环境治理投资效率研究[J]. *生态经济*, 2016(4): 154-157.
- [15]张垒. 期刊知识交流效率及影响因素分析——基于 DEA_Tobit 两阶段法[J]. *科学学研究*, 2015(4): 516-521.
- [16]汪克亮, 黄晴晴, 孟祥瑞. 基于环境压力的矿业城市工业生态效率[J]. *系统工程*, 2017(2): 36-44.
- [17]金荣学, 张迪. 我国省级政府环境治理支出效率研究[J]. *经济管理*, 2012(11): 152-159.
- [18]张亚斌, 马晨, 金培振. 我国环境治理投资绩效评价及其影响因素——基于面板数据的 SBM-TOBIT 两阶段模型[J]. *经济管理*, 2014(4): 170-179.

Research on the Evaluation of Investment Efficiency of Provincial Environmental Governance in China and Its Influencing Factors

—— Based on the SBM-Undesirable-Tobit Model

LI Hongwei, LI Xiaolu, TAO Min

(College of Economics and Management, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: In order to adapt to the change in the environmental statistical indicator system in the yearbook, this paper, based on the related research on investment efficiency of environmental governance, selects four input indicators and two undesirable output indicators from the three aspects of financial, material and human resources of environmental governance investment, to establish an indicator system for evaluating the input and output of environmental governance. During the procedure, GDP and processing capacity are incorporated into desirable output indicators. On this basis, we choose environment-related indicator data in 30 provinces (municipalities or autonomous regions) (except Tibet) in our country from the year 2006 to 2015 as the data sources and use the SBM-Undesirable model to estimate their investment efficiency. Meanwhile, Tobit model is used to find out the various influencing factors, and the improvement strategies are put forward according to the present situation of environmental governance in each province, municipality or autonomous region, so that the investment efficiency of environmental governance in China can be more effectively improved.

Key words: investment efficiency of environmental governance; SBM-Undesirable model; Tobit model; influencing factors

(责任编辑:魏 霄)