

# 基于 DEA-Tobit 二阶段模型的环境支出绩效评价 及其影响因素分析\*

——以浙江省为例

范燕丽,张雷宝

(浙江财经大学,浙江杭州 310018)

**摘要:** 政府环境支出的有限性使得提高资金的利用效率尤为重要。该文运用 DEA-Tobit 二阶段模型对浙江省各地级市的政府环境支出绩效和影响因素进行实证分析。研究表明,浙江省各地级市政府环境支出绩效存在较大差异且普遍存在较大的提升空间,因此,各地级市应着眼于当地环境治理的薄弱环节,充分利用有限的政府环境保护支出,优化政府环境支出使用结构;在分权制下,将环境支出绩效考核纳入地方官员的日常考核更有利于辖区环境治理绩效的提升。该文丰富和发展了环境支出绩效在地级市层面的研究,为提升政府环境支出绩效提供了理论及实证的支撑。

**关键词:** 环境支出;政府环境支出绩效;熵权法;DEA-Tobit 二阶段模型

**中图分类号:** F812.4    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1671-2404(2019)90-0007-06

## 1 问题提出与文献回顾

基于生态文明理念的不断确立,环境保护与治理研究也日益成为国内外学者研究的焦点课题。1978年美国著名运筹学家 Charnes、Cooper 和 Rhode 构建了基于不变规模报酬的 CCR 模型(Charnes 等, 1978)。此后,Banker、Charnes 和 Cooper(1984)在此基础上构建了可变规模报酬的 BCC 模型,DEA 方法逐渐得到广泛的认可与应用。早在 2000 年, Worthington 就运用 DEA 方法研究了安达利亚各市政府财政支出的整体效率(Worthington, 2000)。陈诗一和张军(2008)运用 DEA-Tobit 模型考察了地方政府在 1978-2005 年间的财政支出效率以及效率的区域差异。续竞秦和杨永恒(2011)运用修正后的 DEA-Tobit 两步法核算中国大陆各省级政府的基本公共服务供给效率并进一步探究其影响因素。Wang 等(2017)运用 DEA 方法测算了地方政府的支出绩效。随着中国经济的不断增长以及经济与环境间矛盾的凸显,对于环境治理支出绩效的研究

逐渐引起国内学者的关注。金荣学和张迪(2012)结合工业三废与生活垃圾作为产出指标,发现中国省级政府环境治理支出效率较高,但存在较大差异。潘孝珍(2013)分析了地方政府环境保护支出绩效并进一步研究了财政分权对环境保护支出效率的影响。俞雅乖和刘玲燕(2016)分析了中国城市环境绩效水平并提出应从加大环保投入、提高环保意识、支持科技创新的角度提升城市环境绩效。张智楠(2018)基于广东省地级市面板数据对政府环保支出效率及其影响因素做了类似的研究。

总体上来说,目前国内大部分研究主要关注省级政府环境保护支出效率的变化及其差异,从更微观的层面如地级市、县级市展开的研究较少。基于此认识,本文以浙江省为例,着重从基层地方政府面对环境治理支出绩效及其影响因素进行实证研究,以期对现有研究提供有益的补充和拓展。

## 2 研究假设和研究设计

### 2.1 研究假设

本文基于 DEA 方法测算所得政府环境支出治理绩效,计划进一步研究经济发展水平、地区人口密度、产业结构、居民受教育水平、财政自由度等因素对地级市政府环境治理支出绩效的影响。为此,政府环境治理支出绩效及其影响因素的关系如图 1 所示。

收稿日期:2018-11-29

作者简介:范燕丽,硕士研究生,主要从事环境治理与政策改革相关的研究;张雷宝,教授,博士生导师,主要从事绩效评价和财税改革相关的研究。E-mail:la\_bor@zufe.edu.cn

\*基金项目:本文是浙江省哲学社科基金项目(编号 17NDJC168YB)的阶段性成果。

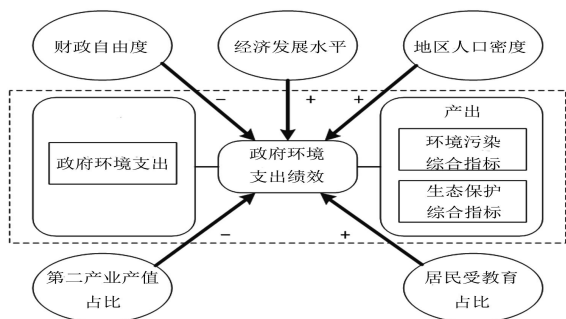


图1 政府环境治理支出绩效及其影响因素关系图

假设一:经济发展水平提高对地区环境支出绩效的提升存在积极影响。根据马斯洛需求层次理论可知,随着一地区经济发展水平的提高,人们的需求将不仅仅局限于生存,而会倾向于满足更高层次的需求,比如优美的环境、舒适的居住条件等。此外,经济发展水平的提升为地区环境治理提供了丰厚的财力支持。

假设二:地区人口密度对地区环境支出绩效存在正向影响。地区人口密度越高,人们对于美好环境的诉求就越集中,而这种集中的环境诉求更能激励地方政府改善环境。

假设三:产业结构对地区环境支出绩效存在显著影响。浙江省 11 个地级市间的产业结构存在较大差别。一般来说,相比于第一、三产业,第二产业的污染及能耗较大;第二产业产值在生产总值中占比越大会加剧地区的污染。

假设四:居民受教育水平提升有利于地区环境支出绩效水平的提升。一般来说,居民受教育水平越高,对本地区环境水平以及环境保护的关注度会越高,而环境保护作为一项全民性的事业需要社会各界共同参与。

假设五:财政自由度的提高会抑制地区环境支出绩效水平的提升;反之,财政自由度的下降有利于地区环境支出绩效水平的提升。目前,财政分权对环境支出绩效的影响尚存在争议。潘孝珍(2013)认为财政分权与环境支出绩效呈负相关关系;而金荣学和张迪(2012)认为财政分权对环境支出绩效存在正向影响。作者认为财政自由度越高意味着上级政府的转移支付对下级政府行为的引导作用越弱,地方政府的财政自由度越高,越倾向于将资金运用于提高官员福利等领域而忽视真正的公共服务的提供。

## 2.2 模型设定

### 2.2.1 运用熵权法构造产出指标

(1) 将各个指标的数据进行标准化处理:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_i)}{\max(X_i) - \min(X_i)} \quad (1)$$

其中,  $X_{ij}$  表示第  $i$  个地级市的第  $j$  个环境污染指标(生态保护指标),这些指标用于构建最终的产出指标污染治理综合指标(生态保护综合指标)。其中  $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n; m$  表示所考察的决策单元数,本文中指地级市数量;  $n$  为构成综合指标的具体指标数;  $Y_{ij}$  表示各指标标准化后的值。

(2) 求各指标的信息熵:

$$E_j = - \frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (2)$$

其中  $P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}}$ , 如果  $P_{ij} = 0$ , 则定义  $\lim_{P_{ij} \rightarrow 0} P_{ij} \ln(P_{ij}) = 0$ 。

$P_{ij}$  表示经过无量纲化处理后的各指标的值;  $E_j$  表示各指标的信息熵。

$$(3) \text{ 确定各指标的权重: } W_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{j=1}^n E_j} \quad (3)$$

$$(4) \text{ 计算综合评价指标: } EM_j = \sum_{j=1}^n W_j P_{ij} \quad (4)$$

其中  $W_j$  表示各指标所占权重,  $EM_i$  表示  $i$  地级市的最终产出指标,即环境污染综合指标( $PEM_i$ )与生态保护综合指标( $EEM_i$ )。

### 2.2.2 构建综合产出的 DEA 模型

本文首先运用规模报酬不变的 CCR 模型(Charnes 等, 1978) 得出政府环境支出绩效的综合技术效率值,如公式(5)所示;其次,在原公式的基础上加入凸性条件  $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$ , 构成基于规模报酬可变的 BCC 模型(Banker 等, 1984);用综合技术效率值除以纯技术效率值就可以得出规模效率值。

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ & s. t. \theta X_{i_0} - \sum_{i=1}^m \lambda_i X_i \geq 0 \\ & - Y_{i_0} + \sum_{i=1}^m \lambda_i Y_i \geq 0 \\ & \lambda_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (5)$$

其中,  $X_{i_0}$  表示第  $i_0$  个地级市的投入向量,  $Y_{i_0}$  表示第  $i_0$  个地级市的产出向量,  $\lambda_i$  表示权重系数,所求得的  $\theta$  表示各地区的政府环境支出绩效值。当  $\theta = 1$  时,表示该地区位于前沿面上,即该地区技术有效;

当  $\theta < 1$  时,表示该地区不位于前沿面上,即该地区技术无效。

### 2.2.3 以受限应变量模型(Tobit)探究政府环境支出绩效的影响因素

Tobit 模型可以有效避免相关影响因素分析时所存在的数据截取问题。构建的 Tobit 模型如公式(6)所示。

$$Y_{it} = \alpha X_{it} + \beta + \varepsilon \quad (6)$$

其中,  $Y_{it}$  表示浙江省  $i$  地级市在  $t$  年的政府环境

支出绩效;  $X_{it}$  代表影响政府环境支出绩效的各个因素;  $\beta_i$  为不随时间变化的个体异质性;  $\varepsilon_{it}$  表示随机扰动项。

## 2.3 变量选择和数据说明

### 2.3.1 DEA 模型变量

DEA 变量的描述性统计如表 1 所示。浙江省各地市级的环境支出总量平均可达 9.573 亿元,但每年的人均环境支出仍不足 500 元(见图 2)。

表 1 投入、产出变量的描述性分析

变量	含义	单位	平均值	标准差	最大值	最小值	
投入变量	<i>EEX</i>	环境支出	亿元	9.573	7.556	44.575	1.914
	<i>TIW</i>	工业废水排放总量	亿吨	1.488	1.113	4.795	0.195
	<i>TIG</i>	工业废气排放总量	亿立方米	2314.053	1674.917	6486.950	196.060
	<i>ISD</i>	工业烟(粉)尘排放量	万吨	2.731	1.493	7.035	0.305
	<i>INO</i>	工业氮氧化物排放量	万吨	5.230	5.168	25.258	0.519
	<i>ISO</i>	工业二氧化硫排放量	万吨	5.311	3.199	15.260	1.148
产出变量	<i>COD</i>	工业废水中 COD 排放量	万吨	1.587	0.889	4.037	0.633
	<i>IAN</i>	工业氨氮排放总量	吨	1023.100	746.711	2848.160	223.760
	<i>ISW</i>	工业固体废物排放量	万吨	25.507	31.738	140.420	0
	<i>GCA</i>	绿化覆盖面积	公顷	6673	5768	33015	1218
	<i>GBA</i>	建成区绿地面积	公顷	6173	4973	20464	1364
	<i>PGA</i>	公园绿地面积	公顷	1615	1574	7640	346

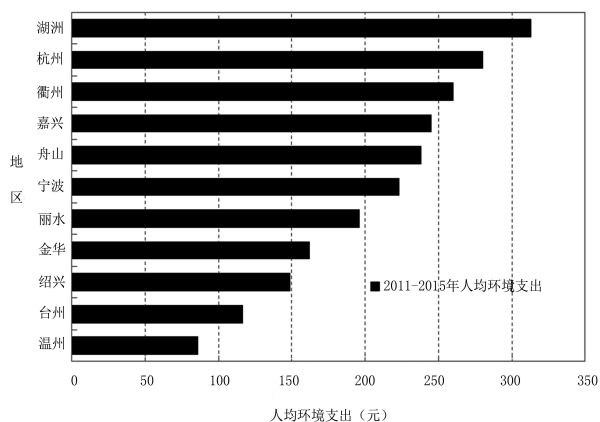


图 2 浙江省各地级市人均环境保护支出:2011 - 2015

以上数据均来自于浙江省各地级市《统计年鉴》以及《浙江省自然资源与环境统计年鉴》。由于通过熵权法构造的环境污染综合指标(*PEM*)与生态保护综合指标(*EEM*)变化方向不一致,本文中采用陈诗一和张军(2008)的方法,对 *PEM* 指标进行倒数化处理。

### 2.3.2 Tobit 模型变量

根据已有文献,本文选取人均国内生产总值(*GDP*)、产业结构(*IND*)、地区人口密度(*POP*)、居民受教育水平(*EDU*)、财政自由度等 5 个变量作为解释变量。其中,产业结构(*IND*) = 第二产业增加值 / 各地级市生产总值;地区人口密度(*POP*) = 地区人口总数 / 地区面积;受教育水平(*EDU*) = 高等学校在校学生数 / 总人口;财政自由度(*FRE*) = 各地级市预算内财政收入 / 各地级市预算内财政支出。根据表 2 所示,各地级市综合技术效率最高的为 1,最小的仅为 0.033;纯技术效率最高的为 1,最小的仅为 0.082;规模效率亦是如此,最高的为 1,最小的仅为 0.265。此外,财政自由度、人均国内生产总值、产业结构、地区人口密度、居民受教育水平等指标在不同地级市或不同年份间也存在较大差异。

表 2 Tobit 模型变量的描述性分析

变量	含义	单位	平均值	标准差	最大值	最小值	
被解释变量	CEP	综合技术效率	-	0.311	0.295	1.000	0.033
	SEF	规模效率	-	0.616	0.253	1.000	0.265
解释变量	GDP	人均 GDP	万元	6.821	2.288	12.291	3.651
	IND	产业结构	比值	48.914	5.662	57.423	20.901
	POP	地区人口密度	人/平方千米	596	261	1171	122
	EDU	居民受教育水平	比值	1.635	1.272	5.339	0.515
	WAG	职工平均工资	万元	5.718	0.993	7.782	3.981
	FRE	财政自由度	比值	73.298	21.127	110.454	33.835

### 3 实证结果与分析

#### 3.1 浙江省各地级市环境支出绩效结果分析

本文基于不变的规模报酬和可变的规模报酬分

别测算出各地级市的政府环境支出综合技术效率值和纯技术效率值,并用综合技术效率值除以纯技术效率值得出规模效率值,效率测算的结果见表 3。

表 3 浙江省各地级市环境支出效率

地区	综合技术效率				纯技术效率				规模效率			
	2011	2015	五年平均	排名	2011	2015	五年平均	排名	2011	2015	五年平均	排名
杭州	1.000	0.291	0.571	2	1.000	0.377	0.661	4	1.000	0.773	0.798	2
宁波	0.464	0.111	0.283	5	0.690	0.300	0.510	8	0.673	0.372	0.505	4
温州	0.061	0.224	0.226	7	0.748	1.000	0.950	2	0.082	0.224	0.230	10
绍兴	0.292	0.291	0.303	3	0.612	0.655	0.651	5	0.478	0.445	0.470	5
湖州	0.477	0.150	0.291	4	0.551	0.300	0.416	9	0.865	0.499	0.640	3
嘉兴	0.237	0.069	0.150	9	0.513	0.298	0.381	10	0.462	0.232	0.364	7
金华	0.086	0.033	0.082	11	0.772	0.399	0.559	6	0.111	0.082	0.145	11
衢州	0.243	0.083	0.151	8	0.453	0.285	0.359	11	0.536	0.292	0.398	6
台州	0.399	0.107	0.242	6	1.000	0.617	0.771	3	0.399	0.173	0.285	8
丽水	0.101	0.046	0.125	10	0.526	0.265	0.521	7	0.193	0.174	0.233	9
舟山	1.000	1.000	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1

从表 3 中可以得出以下几点结论:

第一,从综合技术效率来看,除舟山以外的其他 10 个地级市的效率均有很大的提升空间;从纯技术效率来看,各地级市的效率差距与综合技术效率相比相对较小,但部分地级市(例如湖州、嘉兴、衢州等)仍存在较大的提升空间;从规模效率来看,除舟山、杭州、湖州、宁波以外,其他 7 个地级市的环境支出规模效率均小于 0.5,存在较大的提升空间。作者认为,造成这些现象原因主要在于各地级市的环境保护投入及其发展阶段的差异。

第二,浙江省内部各地级市之间政府环境支出绩效差距较大,且这一差距有不停扩大的趋势。

2011 年,综合效率相对最高的舟山市和杭州市与相对最低的温州市的差距为 0.939;而在 2015 年,综合效率相对最高的舟山市与相对最低的金华市的差距进一步扩大为 0.967。类似的情况也体现在纯技术效率与规模效率之上。

第三,从整体上来看,2011 - 2015 年间,各地级市政府环境支出绩效不升反降。这一点说明,随着环境保护支出的不断增加,污染治理和生态保护并未达到理想的效率结果。2011 年与 2012 年,杭州市与舟山市均处于效率的前沿面上;在 2011 - 2012 年间,其余 11 个地级市的政府环境支出绩效均存在不同幅度的攀升;但是,2012 年以后,除个别地级市的

效率水平存在小幅提升以外,大部分地级市的政府环境支出综合技术效率均存在不同幅度的跳水现象;此外,在 2013 - 2015 年间,各地级市的政府环境支出综合技术效率(除舟山以外)始终维持在较低水平,部分地级市存在小幅提升。

### 3.2 政府环境支出绩效影响因素分析

本文使用 *Stata*13.1 软件对政府环境支出绩效的影响因素进行估计分析,为了使数据更加平滑,本文中首先对数据进行了对数化处理。由于 *DEA* 方法测算的效率值处于 0 - 1 之间,本文使用 *Tobit* 模型进行估计,从而避免由于数据截断而产生有偏的估计量。此外,本文提供 *OLS* 估计结果作为对照。具体的实验结果见表 4。

表 4 *Tobit* 模型估计结果及其 *OLS* 对比

变量说明	估计结果( <i>Tobit</i> )		估计结果( <i>OLS</i> )	
	<i>CEF</i>	<i>SEF</i>	<i>CEF</i>	<i>SEF</i>
<i>lnGDP</i>	0.393** 2.13	0.589*** 3.12	0.321* 1.86	0.513*** 2.91
<i>lnIND</i>	-0.514** -2.44	-0.572*** -2.67	-0.453** -2.27	-0.504** -2.48
<i>lnPOP</i>	0.387*** 4.09	0.210** 2.17	0.304*** 3.66	0.121 1.43
<i>lnEDU</i>	0.306*** 4.14	0.221*** 2.92	0.260*** 3.79	0.168** 2.4
<i>lnWAG</i>	-1.055*** -4.21	-0.987*** -3.90	-0.908*** -3.98	-0.831*** -3.56
<i>lnFRE</i>	-1.076*** -5.43	-0.800*** -3.90	-0.836*** -5.36	-0.544*** -3.42
常数项	5.482*** 4.73	5.331*** 4.51	4.617*** 4.43	4.402*** 4.14
<i>log likelihood</i>	-1.158	-0.986	0.56	0.51
伪 <i>R</i> <sup>2</sup>	0.95	0.96		

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著;表中 *Tobit* 模型检验结果报告了 *log likelihood* 和伪 *R*<sup>2</sup> 值,*OLS* 模型检验结果报告了 *R*<sup>2</sup> 值。

从实证分析的结果来看:人均国内生产总值对政府环境支出绩效存在显著的正向影响,随着人民生活水平的提高,人们对美丽环境的需求日益提升,从而促进地方政府更加重视环境治理,在环境保护支出一定的情况下,提高环境支出绩效就成为了地方政府的必行之策。产业结构对浙江省各地级市政府环境支出绩效的影响显著为负。不难得出,随着第二产业增加值占生产总值比重的增加,地区环境

压力不断增加,而有限的环境保护投入会使得环境压力体现在环境支出绩效水平上。人口密度对政府环境支出绩效的影响显著为正。人口的集聚使得环境诉求的集中化,因而更加有利于地区的环境治理。居民受教育水平对政府环境支出绩效的影响显著为正,说明随着居民受教育水平的提升,人们的环保意识及环保参与度对地区环境支出绩效的提升存在显著的积极作用。财政自由度对环境支出绩效的影响显著为负,说明过高的财政自由度会损害地区的环境支出绩效,应当合理运用转移支付对地方公共服务投入的引导作用。此外,虽然 *OLS* 的估计结果存在偏差,但从报告的结果来看,各影响因素对政府环境支出绩效的作用与预期符号均相符。

## 4 研究结论与建议

本文构建了 *DEA-Tobit* 两阶段模型,以地级市政府环境支出为投入,污染治理综合指标和生态保护综合指标为产出分析了浙江省各地级市的政府环境支出绩效,并进一步从人均国内生产总值、产业结构、地区人口密度、居民受教育水平、财政自由度等角度探索其影响因素。

估计结果表明:(1) 浙江省内除舟山市外,其他地级市均普遍存在无效率的现象。2011 - 2015 年间,中国的政府环境支出内容更加全面更趋针对性,删除了“天然林保护”等项类,增设“江河湖库流域治理与保护”项类,但是增设部分的政府环境支出资金的绩效并未迅速体现。(2) 就不同地区来看,浙江省各地级市的政府环境支出绩效存在很大差异。在所观察的 5 年中,仅舟山地区均处于效率前沿面上。据 2017 年《舟山市环境状况公报》显示,舟山市环境空气质量达到国家二级标准,在全国 74 个重点城市中排名第三,浙江省排名第一。其他各地级市的效率平均存在较大的浮动且与效率前沿面存在不同程度的差距。(3) 从相关影响因素的分析来看,人均国内生产总值、地区人口密度和居民受教育水平对环境支出绩效有显著的正向影响,而产业结构和财政自由度对政府环境支出绩效的影响显著为负,与预期假设相符。

基于以上分析与结论,本文主要提出以下几点政策建议:(1) 在调整环境支出总量的基础上,更加注重资金的利用效率。舟山市作为唯一一个始终位于效率前沿面的城市,后续应持续保持现有的投入

状态及利用结构;而其他地级市除应当在环境支出规模上做出调整以外,应更着眼于减少效率的损失。(2)优化政府环境支出的使用结构。浙江省各地级市存在普遍的政府环境支出绩效低下的问题,在保证“治理污染”资金的前提下,应适当加大生态环境建设、新能源技术研发、节能减排宣传等的投入。(3)加快推进环境保护与政府绩效挂钩。在分权体制下,将环境支出规模、环境支出结构、环境支出利用效率等要素纳入官员政绩考核体系中,显然更有利于地方政府关注辖区环境治理状况,提高生态环境保护的积极性。

#### 参考文献

- [1] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. *Management Science*, 1984, 30(9): 1078-1092.
- [2] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [3] Wang H, Huang J, Li H. Local government debt risk, fiscal

expenditure efficiency and economic growth [C]. In proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management, Baku, Azerbaijan, August 31-September 2, 2017, pp. 1565-1576.

- [4] Worthington A C. Cost efficiency in Australian local government: a comparative analysis of mathematical programming and econometrical approaches [J]. *Financial Accountability and Management*, 2000, 16(3): 201-223.
- [5] 陈诗一, 张军. 中国地方政府支出效率研究: 1978-2005 [J]. *中国社会科学*, 2008(4): 65-78.
- [6] 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.
- [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, 23(11): 61-65.
- [8] 续竟秦, 杨永恒. 地方政府基本公共服务供给效率及其影响因素实证分析基于修正的 DEA 两步法 [J]. *财贸研究*, 2011, 22(6): 89-96.
- [9] 俞雅乖, 刘玲燕. 我国城市环境绩效及其影响因素分析 [J]. *管理世界*, 2016(11): 176-177.
- [10] 张智楠. 广东省环保财政支出的投入产出效率——基于地级市面板数据的 DEA-Tobit 模型检验 [J]. *地方财政研究*, 2018(2): 74-79.

## Research on Environmental Expenditure Performance of Zhejiang Province Based on Two-step DEA-Tobit Model

FAN Yanli, ZHANG Leibao

(Zhejiang University of Finance & Economics, Hangzhou Zhejiang Province 310018, China)

**Abstract:** The limitation of environmental expenditure makes it particularly important to improve its efficiency. This study adopts two-step DEA-Tobit model for analyzing environmental expenditure performance and its influencing factors. The experimental results indicate that the environmental expenditure performance of 11 municipalities is quite different and needs to be improved. Therefore, as environmental expenditure becomes comprehensive and targeted, municipalities should pay more attention to the environmental expenditure performance besides increasing environmental expenditure; meanwhile, we should aim at the weak link of local environmental governance, make full use of limited government spending and optimize the environment of government expenditure structure; moreover, integrating environmental expenditure performance assessment into the daily assessment of local officials makes it beneficial for paying more attention to protecting the environment. To conclude, this study has enriched and developed the research on environmental expenditure performance from municipalities and provides theoretical and empirical support on improving environmental expenditure performance.

**Key words:** environmental expenditure; government environmental expenditure performance; entropy; Two-step DEA-Tobit model