

[文章编号] 1672-7320(2010)01-0600-06

地级市财政环保投入与环保绩效的定量研究: 齐方差模型与异方差模型的比较

林 挺 进

[摘 要] 环保投入水平不仅积极影响环保绩效,同时也在一定程度上影响着环保绩效的离散程度。基于最大似然估计的异方差模型(R 软件)不仅可以有效估计自变量与因变量间的线性关系,还可以有效厘清自变量与因变量方差之间的数量关系。

[关键词] 环境保护;财政投入;环保绩效;异方差模型;地级市

[中图分类号] D01 [文献标识码] A

一、环保投入现状

国家环保总局和国家统计局于 2006 年首次发布的《中国绿色国民经济核算研究报告》显示,如果在现有的环境治理技术水平下全部处理 2004 年点源排放到环境中的污染物,需要一次性直接投资约 10800 亿元,应占当年 GDP 的 6.8% 左右,而事实上 2004 年环境污染治理投资总额仅为 1909.8 亿元,只占当年 GDP 的 1.19%,还不到现实需要的 1/5。

现有的研究发现,尽管我国财政环保投资比重在逐年增加,“十五”期间的环保投资仍然不及发达国家或地区 20 世纪 70 年代的水平。从增长率指标看,“十五”期间环保投入的年均增长率为 18.8%,虽然高于同期 GDP 增长速度(9.5%),但却明显低于同期固定资产 22% 的年均增长率,这说明在一轮又一轮固定资产投资热潮中,对环境保护的投资是相对偏冷的。因此,不少现有的研究都认为,“环保投资欠账越多,就意味着环境问题的隐患越积越多。”^[1](第 20-33 页)

可见,现有关于公共财政环保投入的研究背后一般都存在着这样一个逻辑假定,即越多的环保投入与较好的环保绩效之间存在着显著的正相关,前者很可能是导致后者的主要原因之一。但是,现有关于环保财政投入的研究文献却很少在经验上对上述潜在的逻辑进行探讨,从而使得这样的推论缺乏有效的事实证据。因此,本研究试图填补这一理论空白,尝试在公共财政环保投入与环保绩效之间建立关系,为政府部门的相关决策提供经验性的理论支持。

二、基本假设与研究设计

根据上述的讨论,本研究可以得到以下基本假设:(1)公共财政环保投入与环保绩效之间存在显著的正相关。但其中潜在逻辑是,愿意将更多的公共财政资源投入环保的城市,往往也会比其他的城市更有可能存在高效的环保绩效(其中也包含前一阶段环保投入的滞后绩效),否则高投入不能保证高绩效,因此假设(2)公共财政环保投入水平较低的城市在环保绩效方面还会呈现出较大的离散趋势,而公共财政环保投入水平较高的城市在环保绩效方面可能会呈现出较为明显的收敛趋势。

所以在统计的模型的选择上, 用最小二乘法(OLS)估计出来的多元回归模型可能无法较好地拟合上述假设中因变量与自变量以及自变量的方差之间的双重线性关系。因为, 在最小二乘法统计上首先假设了自变量的方差齐性, 即自变量的方差是保持不变、跟因变量相互独立。因此, 本研究在后文的讨论中选用了最大似然估计方法下的异方差线性回归模型。为了全面分析因变量与自变量之间的统计关系, 求证公共财政环保投入对于环保绩效之间的影响模式, 本研究在设计上强调了对上述两种不同模型的比较, 从而加深人们对于财政环保投入与环保绩效之间关系的理解。

为了保证比较的有效性以及充足的样本量进行回归统计, 本研究以 2006 财政年度为时间截点, 分析单位是地级市, 不包括直辖市和副省级城市, 但是包括没有明确为副省级城市的其他省会城市。考虑到省会城市在政治、经济、文化上的地位要高于其他地级市, 本研究特意设置一个二分类变量来检验这种因素是否对因变量有独立的影响。上述的处理与设计目的是尽可能剥离城市的行政级别对因变量造成的潜在影响。截止到 2006 年 1 月 1 日, 全国共有 268 个地级市。由于个别城市(如拉萨等)的统计数据缺失或不完整, 使得最后进入回归分析的城市数量为 260 个, 占有地级市的 97%。这个规模的样本量使得有关的高级统计分析在技术上成为可能, 如果使用省级行政单位的横截面数据, 过少的样本量(31)会影响到统计估计的有效性。相反的, 如果使用县级行政单位的横截面数据, 由于政府公开出版物中并没包括本研究所需的统计指标, 同时还会因为庞大的样本量(3000 多)增加研究的成本。

有关各地级市社会、经济发展的数据全部采集自《中国城市统计年鉴 2007》。本研究所设计的相关统计指标如“城市环境基础设施建设完成投资额”、“环境污染治理投资总额”、“财政支出总额”、GDP 等等, 都是指全市(即包括市辖区、县以及县级市)的统计量。

在这里, 关于环保绩效(因变量)主要选用一个指标即城市工业污水处理达标率。因变量做这样的操作化处理, 主要基于以下两个方面的原因: 一方面, 在广东省公布的《广东省市厅级党政领导班子和领导干部落实科学发展观评价指标体系及考核评价办法(试行)》中, 在针对地市级领导干部的 40 项考核指标中有两项直接涉及环保——“二氧化硫排放减少幅度”和“城市污水集中处理率”——它们各自占到所有考核指标权重的 2%^[2](第 A5 页)。所以在逻辑上可以假定这两方面的绩效在一定程度上是被地方政府(特别是地级市)所遵从的。另一方面, 考察《中国城市统计年鉴 2007》中关于环保的统计口径发现, 可以根据其中所提供的统计数据, 相应地计算出与上述评价指标体系中“城市污水集中处理率”比较一致的“城市工业污水处理达标率”作为“环保绩效”的操作化概念。在 2006 年全国 260 个地级市中, 城市污水处理的平均达标率为 88.67%(标准差为 14.38), 达标率水平最低的城市为 0.80%, 而达标率最高的城市为 100%(见表 1)。

表 1 变量描述

	N	最小值	最大值	平均值	标准差
因变量					
污水处理达标率(%)	260	. 80	100. 00	88. 6739	14. 37741
自变量					
财政环保支出水平(%)	260	. 01	10. 74	1. 0644	1. 06097
社会环保支出水平(%)	260	. 05	54. 93	11. 0772	9. 50773
省会城市(1= 是)	260	. 00	1. 00	. 0577	. 23361
财政自给度(%)	260	7. 41	123. 27	48. 6427	21. 73870
人口规模(万人)	260	17. 61	1130. 40	385. 1975	223. 53935
GDP(万元)	260	519279	48202600	5946644. 82	5781292. 398
人均 GDP(元)	260	3421	96006	16669. 86	13008. 596
经济增长率(%)	260	6. 1	29. 9	14. 229	2. 8182

在本研究中, 我们将主要的自变量即财政环保支出水平这一概念操作化为: “城市环境基础设施建设完成投资额”占全市年度“财政总支出”的比重 其中涉及的两个统计概念的操作化界定均以《中国城

市统计年鉴 2007》为准。需要指出的是,在一般情况下,“城市环境基础设施建设完成投资额”主体是政府财政支出,但不完全是财政支出,其中还包括少部分的财政预算外投资和少量的社会性投资。在 2006 年财政年度,上述指标在 260 个地级市中分布差异非常明显,最小值为 0.01%,而最大值为 10.74%;平均值为 1.06%,但是标准差也高达 1.06。与此同时,本研究还将“全社会环境污染治理投资总额”占公共财政支出的比重作为控制变量(即社会环保支出水平),以剥离社会(特别是企业)环保投资对于环保绩效可能存在的独立影响。统计显示,社会环保支出水平为平准水平的 11.08%(标准差约为 9.51),其中最小值为 0.05%,最大值为 10.74%,显示出各个城市之间的巨大差异。

除此以外,城市的财政自给能力(财政自给度,即城市地方财政总收入占地方财政总支出的百分比)、城市的人口规模、经济总量、人均经济水平、经济发展速度、是否是省会城市等都作为控制变量纳入回归模型,从而尽可能估计出“城市财政环保支出水平”对于环保绩效的净效应。表 1 对上述变量进行了统计描述。从表 1 可见,在本研究数据库所包含的 260 个地级市中,其中省会城市 15 个,占总数的 5.8%。在 2006 财政年度中,这些城市财政的平均自给度为 48.64%,其中自给水平最低的城市的自给度为 7.41%,而自给程度最高的城市则为 123.27%,也就是说该城市事实上为本市以外的其他地区提供了转移支付(当然,另外一种可能解释则是该市本级财政在 2006 财政年度有近 23%的盈余)。如果从财政依赖度的角度来解读,则可以认为这些城市 2006 年对于上级(省级和中央)政府的财政依赖的平均水平为 51.36%。此外,其他控制变量如人口规模、GDP、人均 GDP 以及经济增长率等的详细统计描述,表 1 给出了全面的报告。

三、数据分析与研究发现

表 2 报告了四个用最小二乘法估计出来的回归模型。比较所有四个模型,会有一些非常有趣的发现。首先,我们从模型 A 中可以发现,城市的环保绩效与财政环保投入水平之间存在着显著的相关性。模型 A 中财政环保支出水平的回归系数 0.309 说明,一个城市的财政环保支出占财政总支出的水平每提高一个百分点,自变量即污水处理达标率将会提高近 0.31 个百分点。

表 2 地级市环保投入与环保绩效的(齐方差)回归模型

	模型 A	模型 B	模型 C	模型 D
(常数)	85.251 * * *	68.043 * * *	69.302 * * *	69.673 * * *
人口(万人)	——	.0174 * * *	.0171 * * *	.0172 * * *
人均 GDP(元)	——	.000189	.000178	.000193 *
GDP(万元)	——	-.000000521 *	-.000000501 *	-.000000516 *
GDP 年增长率(%)	——	.09244	——	——
省会城市	——	——	-3.910	——
财政自给度(%)	——	.234 * * *	.253 * * *	.236 * * *
	——	——	-.519	-.492
财政环保支出水平	.309 * * *	.106	.106	.106
F	11.243 * * *	9.200 * * *	8.097 * * *	11.061 * * *
R	.204	.423	.429	.423
R Square	.042	.179	.184	.179
N	260	260	260	260

* * * < .01, * < .05, < .10

但是,当人口规模、人均 GDP、GDP、GDP 增长率、财政自给度等其他控制变量陆续纳入模型之后,虽然回归模型(模型 B、C、D)分别通过了 F 检验,但是在模型 A 中具有高度显著性水平的自变量——财政环保支出水平——在模型 B、C、D 中反而却呈现出了统计不显著的情况,这一点与前文的假设并不一致,但是我们可否因此就拒绝原有假设、进而认为在地方财政环保投入与环保绩效之间不存在相关性呢?单纯从多元回归结果来看 模型 B C D 都能否定上述两者之间相关性的存在 比较模型 A 与模

型 B、C、D, 我们至少可以认为财政环保投入对于环保绩效并不存在显著的净效应, 而模型 A 中的显著效应在统计上是可以被纳入模型的其他变量如 GDP、财政自给度、人口规模等因素所解释的。但是, 这样的解释逻辑既没有充分的理论支持, 又与人们日常经验相悖, 这种现象背后真实的内在逻辑到底是什么呢? 为了进一步分析因变量与自变量之间的关系, 特别要考察现实数据是否满足基于最小二乘方法的多元回归分析的方差齐性这一基本假设, 我们通过 SPSS 软件自动生成了模型 D 的残差图(图 1)。从图 1 可以看出, 模型 D 存在着较为明显的异方差性。一般统计学理论认为, 如果在异方差性的条件下依然使用最小二乘法进行参数估计, 就会造成参数的估计值不再具有最小方差的特性、参数的显著性检验失效、回归模型预测精度降低等不良后果。因此, 有必要根据数据异方差性的客观条件重新构建统计模型而不是简单地认为财政环保投入与环保绩效之间不存在着相关性, 进而拒绝原有研究假设。

在社会科学中, 从逻辑上看, 很多社会现象(自变量与因变量)之间很有可能存在多重维度的而非单维度的数量关系。以本文中的财政环保投入与环保绩效为例, 目前的数据信息显示, 这两个变量之间至少可能存在以下两个维度的关系(而不像回归模型 B、C、D 显示的不存在显著的相关性): 首先, 更多的环保投入可能会导致更好的环保绩效, 即财政环保投入与环保绩效之间呈现正相关关系(假设一); 同时, 财政环保投入水平越高的城市, 其在环保绩效方面更有可能表现出较为收敛的趋势。而环保投入水平较低的城市, 其环保成效更有可能呈现出离散的趋势, 换言之, 在财政环保水平(自变量)与环保绩效的离散程度(因变量的

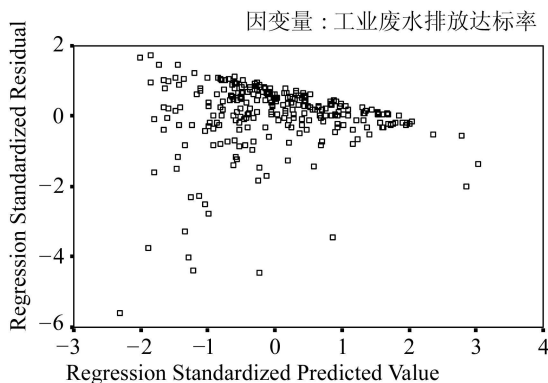


图 1 残差图

方差)之间也可能存在一定的线性关系(假设二)。因此, 无论是最小二乘法, 还是广义最小二乘法或者加权最小二乘法, 都会限制人们对变量之间潜在的深层次、多维度关系的理解。

目前, 在英美社会科学界中被广泛接受并使用的 R(一种统计运算的语言与运行环境)软件, 由于其在最大似然估计方法上的出色表现, 能够对异方差模型中变量之间的多重关系进行有效估计与分析。为了进一步深入理解齐方差模型(即最小二乘法条件下的多元回归模型)与异方差模型不同, 有必要对两个模型中因变量所服从的分布进行基本的解释。在齐方差的条件下, 因变量 y 服从正态分布, 如公式(1)所示, 其中的方差不会随 y 的变化而变化, 是一个确定的值:

$$y_i \sim \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{(y_i - x_i\beta)^2}{\sigma^2}\right)} \quad (1)$$

而当方差齐性这个条件不能被满足的时候, 因变量的每一个观察值都有一个对应的方差, 即为异方差模型, 如公式(2)所示。

其中, 公式(1)与公式(2)主要差别在于因变量的方差是不是齐性, 即是否随着因变量观测值的变化而变化。同时, 公式(2)假设因变量 y 的方差与自变量 z 之间存在某种确定的数量关系。在统计上, 我们可以根据公式(2)构建一个最大似然函数, 然后通过求极值的方式对各个参数进行估计。虽然 R 统计软件是一个源程序软件, 但它也是一个开放式的软件, 大量的分析模型都由其分布在世界各地的用户编写并上传到其网站上供其他人员免费下载、使用。本研究中所使用的异方差模型软件包是美国威斯康星麦迪逊大学政治学教授 Charles H. Franklin 为密西根大学 2006 年暑期定量方法研讨班所撰写的“异方差最大似然估计模型”软件模块。表 3 报告了 R 软件的分析结果(模型 E)。

$$y_i \sim \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i^2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{(y_i - x_i\beta)^2}{\sigma_i^2}\right)} \quad (2)$$

$$\sigma_i^2 = e^{z_i\gamma}$$

表 3 环保投入与环保绩效的异方差线性模型(Heteroskedastic Linear Regression)

模型 E	Estimate	Std. Error	Z-Value	Pr(> z)
常数	. 728 16	2. 7676	26. 3100	. 00000
人口(万人)	. 01449	. 0472	3. 2408	. 00191
人均生产总值(元)	. 00016	. 0001	1. 7702	. 07669
生产总值(万元)	-. 0000003	. 0000	-1. 5497	. 12121
财政自给度(%)	. 17217	. 0470	3. 6623	. 00025
社会环保投资水平(%)	-. 17368	. 6448	-. 2694	. 78765
财政环保投资水平(%)	. 11625	. 0510	2. 2281	. 02252
Z 常数	5. 70607	. 1483	38. 4648	. 00000
财政环保投资水平(%)	-. 06233	. 0108	-5. 7708	. 00000
N	260			
Log Likelihood	-782. 0395			
Wald Test for Heteroskedasticity				
Wald statistic: 33. 30203 with 1 degrees of freedom p= 7. 890042e-09				. 00000

比较模型 D 与模型 E 可以发现,有关财政环保投入与绩效之间的关系,齐方差模型的多元回归结论与异方差模型的分析结论存在明显的差别。首先,异方差模型显示财政环保投入与环保绩效存在着显著的正相关(P 值为.02)。其次,我们可以认为,在模型 D 中该回归系数的显著性水平低下显然是因为方差齐性的假设条件没有得到满足而导致的参数显著性检验的失效。假设一得到了充分的验证,即更高的财政环保投入水平将会导致更好的环保绩效。更加重要的是,异方差模型还显示,环保投入水平与环保绩效的方差(离散程度)之间存在着非常显著的负相关,也就是说,环保投入水平较高的城市相对于其他财政环保投入水平较低的城市而言,其环保绩效相对比较收敛,也就是说高投入的城市之间在环保绩效上呈现出的差异性较小。相反,环保投入水平较低的城市其环保绩效则相对离散,即环保投入水平较低的城市在绩效上显示出较大的差异性。因此,其中隐含的逻辑是,投入水平较高的城市,其环保资金使用绩效往往都比较高,而环保投入水平低的城市,其资金使用效率可能高、也可能低,离散趋势显著;这一点,从经济学的角度看,从环保投入到环保成效似乎也存在着某种意义上的规模效应。

而在其他几个自变量与因变量的关系方面,模型 D 与模型 E 并不存在很明显的差异。首先,城市的人口规模对环保绩效有显著但是细微的正面影响,即当城市人口每增加 10000 人,环保绩效会增加 0.0145 个百分点,从影响的程度来看这种影响效果非常有限。

此外,城市的经济总量对因变量影响在统计上是不显著的;但是人均经济水平却对环境绩效有显著的效果,人均 GDP 每增加 10000 元,因变量将会增加 1.6 个百分点。一个城市的经济发展水平、而不是经济总量对环保绩效存在显著的影响,这个发现是与已有的研究相一致的。从模型 E 中可以发现,财政自给度始终是显著影响环境绩效的一个重要变量,城市财政自给度每提高一个百分点可以导致环保绩效提高 0.17 个百分点,这说明相对城市经济总量而言,城市财政能力是一个更加影响环境保护绩效的变量。模型 B、C、D 还显示,经济发展速度对环保绩效也没有显著的独立影响;同时,“是否省会城市”也不会对环保绩效产生任何影响。可见,环境保护基本上跟城市政治地位因素没有特定的关系,主要受制城市的经济发展水平与财政能力。

最后,社会“环境污染治理投资”水平对于因变量似乎没有任何显著的作用,这一点与研究的预期不太一致,但这可能说明自变量(工业污水处理合格率)较多地受到政府环保行为而不是社会(企业)环保投入的影响;换言之,缺乏政府引导的社会(企业)环保行为可能难以取得显见的成效,从而凸显了政府在环境保护中的公共责任。

四、结 论

本研究分别用最小二乘法条件下的多元回归模型与最大似然估计法条件下的异方差线性回归模型

对“城市财政环保投资水平是否、如何以及在多大程度上影响了环保绩效”进行了研究,实证模型发现:环保投入水平不仅积极影响环保绩效,同时也在一定程度上影响着环保绩效的离散程度。也就是说,环保投入水平较高的城市,不仅有较好的环保绩效,而且这些城市的环保绩效也有较好的收敛趋势,显示出“高投入与高绩效之间相关性”的稳定性;而环保投入水平较低的城市,不仅环保绩效较差,而且其绩效还有着较为显著的离散趋势,隐含了低投入水平下环保绩效的不稳定性,这也说明了环保投入中潜在的“规模效应”即高水平环保投入的必要性。

此外,通过比较不同估计方法下的不同统计模型,本研究为异方差性数据分析提供了一个全新的范例。运用 R 软件中的异方差回归模型,不仅可以明确分析自变量与因变量之间的线性关系,更加重要的是该模型还可以有效厘清自变量与因变量方差之间的数量关系,这为一般统计软件(如 SPSS、EViews)所不能。这种分析模型非常有利于回答在自变量与因变量之间存在上述两层关系的问题,从这个意义上看,本研究在方法上也可以说具有一定的创新意义。

[参 考 文 献]

[1] 苏 明、刘军民、张 洁:《促进环境保护的公共财政政策研究》,载《财政研究》2008 年第 7 期。
[2] 中共广东省委组织部:《广东省市厅级党政领导班子和领导干部落实科学发展观评价指标体系及考核评价办法(试行)》,载《深圳特区报》2008 年 8 月 13 日。
[3] R. Development Core Team. R: *A Language and Environment for Statistical Computing*. R. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org> 2009.

(责任编辑 叶娟丽)

Study on Public Spending on Environmental Protection and
Environmental Performance of Prefectural Cities

Lin Tingjin

(School of Public Administration, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang China)

Abstract: The environmental public spending is not only a significant predictor of environmental performance, but also highly correlated with the divergence (standard deviation) of the performance. Methodologically, this study explores a new way to analyze the heteroscedasticity in regression models with R. In addition to the relationship between dependent and independent variables, this method also maps the relationship between independent variables and the variance of dependent variable, which can not be estimated by the Weighted Least Square or General Least Square Models by SPSS.

Key words: environmental protection; public spending; environmental performance; heteroscedastic model; prefectural city