

中国区域污染治理成本的差异性与影响因素研究

曹琴琴

(上海师范大学 商学院, 上海 200234)

摘要:要实现经济与环境协调发展,必须使各省市能够对本地区的环境污染治理成本进行核算,衡量经济生产活动 and 环境污染治理。但目前由于自然资源要素界定不统一、实物量数据收集不全面等问题,缺乏全国性的环境治理成本分析。选择中国 30 个省、市大气环境污染等数据,采取环境治理成本法核算各地区污染治理成本并分析其差异性,以其中差异最为显著的 NO_x 为例,对影响其单位治理成本的因素进行研究。结果发现,能源强度、第二产业比重、对外开放程度与 NO_x 的单位治理成本呈正相关,清洁能源的利用程度呈负相关。 NO_x 单位治理成本与其排放强度呈现显著的“U”形关系。因此,在进行环境污染治理措施时,不能一味地消除污染、减少排放,而是要根据实际情况,衡量污染治理带来的负担,调整能源强度、能源消费结构、对外开放程度等因素,降低污染物单位治理成本,减少污染治理成本,实现经济可持续发展。

关键词:大气污染;环境治理成本法;成本核算

中图分类号:F062.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)04-0040-05

改革开放以来,中国经济得到持续快速的发展,但同时粗放式发展也带来了较大的环境代价。随着可持续发展理念和生态文明战略深入人心,转变粗放型经济发展方式、实现高质量发展成为必然。环境污染绝大部分是由工业生产带来的,经济的发展离不开工业生产活动,其带来的严重污染是各部门将内部治理成本外部化表现,环境成本由社会公众共同承担。在实施环境管制之后,工业部门就需要承担污染治理成本,但是带来的后果是产出减少,而如果不进行环境治理,其生产利益就不会受到损害,各部门会对污染治理与产品生产进行衡量,达到污染治理要求的同时将生产利益的影响降到最低。所以,中国在治理环境污染过程中要重视其给经济增长带来的影响,合理进行污染治理措施,做到经济增长与污染治理的协调发展,实现国民经济可持续发展。而如何衡量污染治理是否合理?这就要分析污染治理会给经济增长带来的影响有多大,即分析污染治理带来的成本负担,核算环境污染治理成本。中国在 SEEA 核算体系中的估价方法主要包括环境退化损失法和环境治理成本法。环境退化损失法是指在目前治理水平下,核算生产和消费过程中所排放的污染物对环境功能、人体健康等造成的种种损害的价值量,但环境退化损失法在实际核算中难以实施。环境治理成本法

是从“防护”的角度,计算为避免环境污染所支付的成本,即假设如果所有污染物都得到治理,则环境退化不会发生,因此已经发生的环境退化的经济价值应该为治理所有污染物所需的成本。

基于以上分析,为更科学合理地对区域环境污染治理成本进行评估,本文将从环境污染治理成本核算的角度出发,对人类生产活动造成的环境负债进行分析。由于目前的大气环境受到较大的影响,是人们在生产生活中最能亲身感受到的环境污染,所以本文以大气污染为例,采用环境治理成本法核算污染治理成本,并分地区进行污染治理成本核算及影响因素分析,以期对地区的大气污染治理提供参考,为中国整体各环境污染治理提供借鉴。

1 文献综述

大多数文献主要涉及核算体系中关于环境因素的考虑,以及在考虑环境因素的前提下采取何种方法来核算治理成本两方面:①关于自然资源核算体系中是否考虑到环境因素方面的文献。国外在 1953 年公布国民经济核算体系(SNA),但由于当时发展水平与经济研究水平受限,其核算体系并没有对自然资源和生态环境做到很好的统计与核算,所以于 1993 年在进一步完善措施之后提出了 SEEA 体系,即综合环境与经济核算体系。(SEEA—2003)^[1]介绍了与 SNA 并行制定的环境核算方法,

收稿日期:2020-12-06

作者简介:曹琴琴(1995—),女,安徽安庆人,上海师范大学商学院,硕士研究生,研究方向为国民经济学。

相比而言 SEEA—2003 还非常重视实物流量计算,有助于将环境与经济政策问题进行联合分析。有学者认为根据会计学中负债的定义以及当前技术水平缺乏可行性来看^[2],中国的环境核算体系中并不能明确提出环境负债^[3]。但是自然资源是人类应该负担的义务,是政府部门对环境应该承担的义务^[4],是需要用劳务等偿还的责任,是按照权责发生制原则核算的负债^[5],应该包括人类社会活动对自然环境的危害与生态破坏所造成的负债^[6]。②核算体系中环境污染治理成本核算方面的文献。有学者将环境外部因素纳入国民核算体系中,结合模型量化了美国大气污染排放的边际损害,并将其乘以工业排放的数量来计算总损害,排放的价值应该由它们所造成的损害来衡量^[7]。杨建军等^[8]运用单位成本模型核算了西安市 2000—2007 年的大气污染治理成本,设施的运行费替代各污染物的实际治理成本,研究结果发现西安市空气污染治理存在资金缺口,并且资金缺口呈现倒“U”形。

中国目前环境污染情况较为严峻,各地区面对严重的环境污染,需要根据实际出现的污染状况分析原因,加强污染物治理。对影响大气污染排放及治理成本的因素已有许多文献进行研究。大多数学者认为能源强度和能源消费结构等因素对大气污染治理成本有显著影响^[9]。一般碳强度越低的地区所要付出的宏观经济成本越高,减排难度越大^[10]。各地区污染物边际减排成本会出现一定的差异,能源强度、投入结构等因素对污染物排放治理具有显著影响^[11]。也有学者认为污染物的排放强度和城市化率、产业结构优化等因素对污染物的排放及治理具有显著影响。污染物排放会随着工业生产规模的扩张和经济的发展而增加^[12-13]。高污染部门在工业部门结构的增长对污染物排放增长呈正向拉动,产业结构优化调整对污染物排放增长呈负向拉动。城镇化引起的人口增长和土地扩张是导致空气污染的主要原因^[14]。二氧化硫(SO₂)的污染减排成本取决于排放水平和生产率水平高低^[15],当 SO₂ 排放水平较高、生产率水平较低时,减少排放的代价较低;相反,生产率水平较高、污染排放水平较低时,减少排放的代价较大。同时部分学者从财政分权、技术进步等因素进行分析,财政分权对大气污染治理效率存在负效应,随着财政分权度的提升,环境质量将进一步发生恶化^[16]。加入 WTO 后,对外直接投资(FDI)的流入会减轻中国大气污染,这一结果可归因于 FDI 同时也是先进技术的主要来源^[17]。

综上所述,目前研究多是从某省份的各县市的污染治理成本情况,缺乏各省市污染治理成本的比较,以及根据各省市出现的治理成本差异性的治理建议,这也是本文研究的初衷。因此,本文的贡献主要包含以下两方面:①以大气污染为例来核算全国性污染治理成本,能够考虑到不同地区环境治理成本的异质性,反映出哪些地区的治理方式与力度是否合理,进而能够从整体上使中国大气环境污染状况得到改善;②本文在分析大气污染物治理成本的影响因素时,是从核算污染物虚拟治理成本出发,分析影响污染物单位治理成本的因素,因为单位治理成本可以衡量一个地区的污染治理水平,因此有必要对其进行影响因素分析,有助于各地区降低环境治理成本。

2 研究方法 with 数据来源

2.1 环境污染治理成本的核算方法

修正的治理成本系数法是根据各污染物的去除量和去除难度等数据得到各污染物的治理效益,再根据污染物的治理效益得到各自的治理成本系数,再运用其结果来计算应分摊的运行费用,最后根据各污染物应分摊的运行费用与其去除量相除得到该污染物的单位治理成本。具体的计算模型如下:

1) 计算第 i 种污染物的治理效益,公式为

$$\eta_i = \frac{I_i - E_i}{S_i} \times \frac{E_i}{I_i} \quad (1)$$

式中: E_i 为出口浓度; I_i 为进口浓度; $\frac{E_i}{I_i}$ 为治理难度; S_i 表示污染物允许排放的最高浓度限制,依据中国的《大气污染物综合排放标准》(GB 16297—1996),SO₂、NO_x 和烟(粉)的标准排放浓度分别为 550、240、120 mg/m³。

2) 计算治理成本系数,公式为

$$\gamma_i = \frac{\eta_i}{\sum_{i=1}^n \eta_i} \quad (2)$$

3) 计算污染物的单位治理成本,公式为

$$\bar{C}_i = \frac{C_i \gamma_i}{M_i} \quad (3)$$

式中: C_i 表示实际总治理成本; M_i 表示污染物的去除量。

2.2 数据来源与指标说明

采用大气中 3 种主要污染物[SO₂、NO_x 和烟(粉)尘]的数据进行分析,包括污染物的排放量、去除量、总的废气排放量以及治理废气完成投资额。样本的选择以《中国环境统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国环境经济核算技术指南》中的 30 个省市(西藏港澳台除外),样本期为 2006—2017 年。其

中,虚拟治理成本核算中,污染物的出口浓度 E_i 指标是通过统计数据中某污染物排放量与总污染物排放量的比值而得,且污染物的进口浓度 I_i 指标将某污染物的排放量和去除量的总量与总污染物排放量比值而得。为了保持计算过程中单位的统一性,将计算出的进口与出口浓度的单位(万 t/亿 m³)转为成标准单位(mg/m³)。

3 环境污染治理成本的核算与分析

结合上文的分析方法核算中国大气污染治理成本。核算的主要结果如表 1 所示。

表 1 2006—2017 年中国大气污染物治理成本核算结果
单位:亿元

年份	实际治理成本	虚拟治理成本	总治理成本
2006	232.52	181.71	414.23
2007	248.74	216.29	465.02
2008	264.95	229.01	493.96
2009	229.91	216.96	446.86
2010	187.32	274.26	461.57
2011	210.61	170.29	380.91
2012	139.93	107.38	247.31
2013	638.15	361.75	999.89
2014	784.37	305.80	1 090.17
2015	519.30	215.44	734.75
2016	552.95	136.13	689.08
2017	445.68	112.49	558.16

由表 1 的核算结果可知,大气污染实际治理成本在样本期间呈上升趋势,从 2006 年的 232.52 亿元上

升至 445.68 亿元,表明中国逐渐重视对大气环境污染的治理。虚拟治理成本在样本期间总体呈现下降趋势,在 2013 年有上升现象,但在 2014 年开始保持下降趋势,通过虚拟治理成本的含义可知,其能够在一定程度上反映出对自然环境的“欠账”。所以,可知在样本期间中国工业大气污染的“欠账”在不断减少,工业生产带来的大气污染状况在不断改善。

为分析中国区域大气污染治理情况,对各地区的大气污染虚拟治理成本进行分析,并且由于大气污染包含多种污染物,因此,本文主要分析大气中 SO₂、NO_x 与烟粉尘等 3 种主要污染物,并且将各地区污染治理成本进行比较,如图 1 所示。

从图 1 可以很清晰地比较出,各地区总虚拟治理成本中 NO_x 的占比最高,其次是 SO₂,这与上述分析结果吻合。NO_x 的虚拟治理成本占比最高,最高能达到 99.18%,说明 NO_x 的治理“欠账”较多,需要对 NO_x 的治理力度进一步加大,改善其治理方式以减小单位治理成本。由上述核算污染物虚拟治理成本的公式可知,污染物的虚拟治理成本不仅与污染物的排放量有关,而且与该污染物的单位治理成本有关。不同的地区采取的环境保护政策不同,对同一污染物的治理手段也具有差异性,所以不同地区同一污染物的单位治理成本也具有差异性。由图 1 可以看出 NO_x 的虚拟治理成本占总虚拟治理成本最高,占比基本上都在 50%以上,可以体现出对 NO_x 的虚拟治理成本进行分析是最为首要的工作。

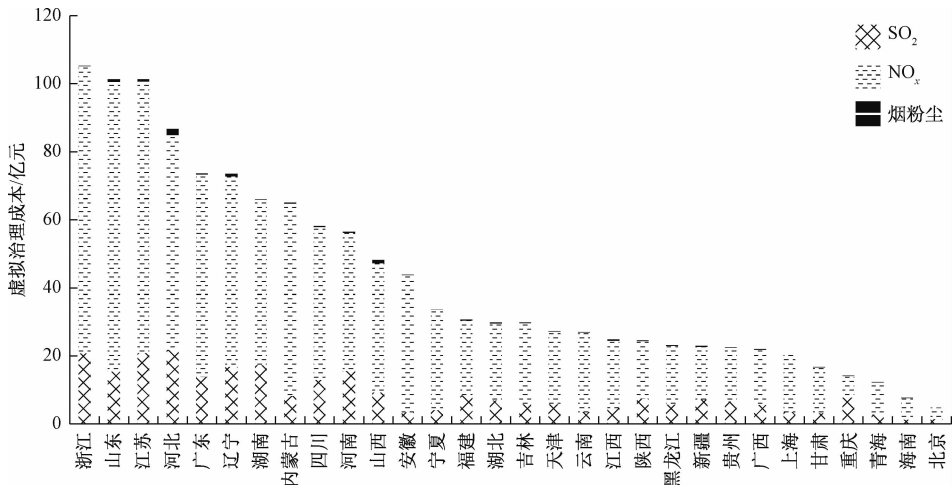


图 1 分地区工业主要污染物虚拟治理成本比较

4 环境污染治理成本区域差异的影响因素分析

NO_x 是大气主要污染物之一,是形成酸雨与温室气体的原因之一,会对人体健康和生态环境造成较大的危害,并且随着中国工业化、城市化的加速

进程,高污染、高能耗、低效率粗放型经济发展使得空气污染成为制约可持续发展和城市生态文明建设的主要因素,所以本文选择各地区 NO_x 单位治理成本的差异,来进一步分析各地区出现环境治理

成本的主要因素。根据以上分析,对 NO_x 单位治理成本的影响因素如下:

- 1)能源强度(EI)。能源强度是影响 NO_x 等大气污染物排放的重要因素,会影响 NO_x 的单位治理成本,本文选取的能源强度指标是根据国家统计局统计的能源消费总量与 GDP 总量计算所得。
- 2)产业结构(STR)。产业结构是影响大气环境治理的重要因素。
- 3)对外开放(OP)。一个地区的对外开放程度会影响该地区的治理技术,从而会影响大气污染物的单位治理成本。
- 4)能源消费结构(STC)。清洁能源消费量(天然气、电力)占能源总消费量。
- 5)NO_x 排放量(NO_E)。

根据以上分析,设定以下基于面板数据构造的影响因素回归模型:

$$\ln AC_{it} = \alpha_i + \beta_1 EI_{it} + \beta_2 PC_{it} + \beta_3 PC2_{it} + \beta_4 STR_{it} + \beta_5 OP_{it} + \beta_6 STC_{it} + \beta_7 FD_{it} + u_i + \epsilon_{it}, i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T$$

(10)

式中:ln AC_{it} 表示 *i* 地区 NO_x 单位治理成本的对数值(因变量);EI、PC、STR、OP、STC、FD 是影响 NO_x 单位治理成本的因素,为解释变量; β_1 、 β_2 、 $\dots$ 、 β_6 为待估参数; u_i 为随机扰动项; ϵ_{it} 为误差项。该模型构造数据为面板数据,为避免异方差性对模型的估计引起误差,本文对数据采取加权最小二乘法(WLS)进行模型回归,并且经过豪斯曼检验表明,NO_x 单位治理成本的回归应采用固定效应模型,模型回归结果如表 2 所示。

表 2 面板数据固定效应模型回归结果

变量	系数	标准差	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
能源强度(EI)	1.609 4***	0.407 5	3.95	0.000
产业结构(STR)	9.489 1***	1.885 4	5.03	0.000
对外开放(OP)	3.066 3***	1.028 8	2.98	0.003
能源消费结构(STC)	−13.253 3***	4.418 7	−3.00	0.003
氮氧化物排放量(ln NO _E)	−3.878 0***	1.107 4	−3.50	0.001
氮氧化物排放量二次项(ln NO _E 2)	0.367 0**	0.163 9	2.24	0.027
_cons	14.150 8***	2.280 7	6.20	0.000

由上述分析结果可知,能源强度(EI)的系数显著为正,表明能源强度越大的地区,其 NO_x 的单位治理成本越高;产业结构(STR)的系数显著为正,表明第二产业比重越高的地区,NO_x 的单位治理成本越高;对外开放(OP)的系数显著为正,表明对外开放的程度越高,其会使 NO_x 单位治理成本增加;能源消费结构(STC)的系数显著为负,表明在能源总量的消费中清洁能源比重越高,其带来的 NO_x 单位治理成本越低;NO_x 排放强度(ln NO_E)的一次项系数显著为负,二次项系数显著为正,表明 NO_x 的单位治理成本与其排放强度之间呈现“U”形关系。即各地区初始 NO_x 排放水平越高,减排的成本越小,但随着对 NO_x 的治理,其排放量会逐渐减少,进一步的污染治理会更加困难,总体的环境治理成本水平上升,即带来的单位治理成本越高。

5 结论与建议

依据修正的治理成本系数法,对中国 2006—2017 年的大气污染治理的成本进行核算,以及对污染物单位治理成本的影响因素进行分析。主要结论及建议如下:

1)从中国大气污染物排放及治理情况来看,实际治理成本呈现上升趋势,表明中国逐渐重视对大气污染的治理。同时在样本期间,虚拟治理成本总体上呈下降趋势。由虚拟治理成本的含义可知,虚拟治理成本能够反映某地区污染状况,虚拟治理成本逐渐下降表示环境污染状况在不断改善,对环境污染治理的重视以及治理力度的加大有助于改善环境质量。并且,不断下降的虚拟治理成本也表示中国大气污染治理欠账在逐渐减少,大气污染治理有利于改善环境污染状况。

其中 SO₂ 是因为其较高的排放量,所以需要从减少其排放量方面进行控制污染。NO_x 是因为其单位治理成本高,所以对于 NO_x 的治理要注重其单位治理成本,如何控制单位治理成本是治理 NO_x 的关键。

2)中国各省市大气污染治理情况存在差异。从不同地区的各污染物虚拟治理成本的比较结果可知,NO_x 虚拟治理成本最高,SO₂ 次之。因此,从 NO_x 单位治理成本的角度分析各地区治理成本差异。通过实证分析结果可知,能源强度越大、第二产业比重越大、对外开放程度越高的地区,其 NO_x

的单位治理成本越高。 NO_x 单位治理成本与其排放强度呈现显著的“U”形关系,初始 NO_x 排放水平较高,其减排的成本也较小,但随着对 NO_x 的治理,其排放量会逐渐减少。从修正的治理成本系数法核算过程可知,污染物单位治理成本不仅是作为虚拟治理成本的核算因素,更是反映某地区在该期间的污染治理水平,其单位治理成本越小表明该地区的污染治理水平较高,相较于其他地区治理单位污染物需要付出的成本更小。因此根据实证分析结果可知,可以从能源强度、产业结构等方面调整污染物单位治理成本,通过提高环境治理水平降低污染物单位治理成本,降低大气环境治理成本,进而能够从整理上促进环境质量的改善。

参考文献

- [1] OLEG P, MARK H. The system of environmental and economic accounts—2003 and the economic relevance of physical flow accounting[J]. *Journal of Industrial Ecology*, 2006, 10(1-2): 19-42.
- [2] 耿建新,胡天雨,刘祝君. 我国国家资产负债表与自然资产负债表的编制与运用初探——以 SNA 2008 和 SEEA 2012 为线索的分析[J]. *会计研究*, 2015(1): 15-24, 96.
- [3] 李金华. 论中国自然资源资产负债表编制的方法[J]. *财经问题研究*, 2016(7): 3-11.
- [4] 闫慧敏,杜文鹏,封志明,等. 自然资源资产负债的界定及其核算思路[J]. *资源科学*, 2018, 40(5): 888-898.
- [5] 胡文龙,史丹. 中国自然资源资产负债表框架体系研究——以 SEEA2012、SNA2008 和国家资产负债表为基础的一种思路[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(8): 1-9.
- [6] 黄溶冰,赵谦. 自然资源资产负债表编制与审计的探讨[J]. *审计研究*, 2015(1): 37-43, 83.
- [7] NICHOLAS Z M, ROBERT M, WILLIAM N. Environ-

- mental accounting for pollution in the United States economy[J]. *American Economic Review*, 2011, 101(5): 1649-1675.
- [8] 杨建军,董小林,张振文. 城市大气环境治理成本核算及其总量、结构分析——以西安市为例[J]. *环境污染与防治*, 2014, 36(11): 100-105.
- [9] SHOUFU L, DINGTAO Z, DORA M. Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model[J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2009, 29(6): 341-347.
- [10] 吴英姿,闻岳春. 中国工业绿色生产率、减排绩效与减排成本[J]. *科研管理*, 2013, 34(2): 105-111, 151.
- [11] 王群伟,周鹏,周德群. 我国二氧化碳排放绩效的动态变化、区域差异及影响因素[J]. *中国工业经济*, 2010(1): 45-54.
- [12] JIE H. What is the role of openness for China's aggregate industrial SO_2 emission?: A structural analysis based on the Divisia decomposition method[J]. *Ecological Economics*, 2009, 69(4): 868-886.
- [13] HIDEMICHI F, SHUNSUKE M, SHINJI K. Decomposition analysis of air pollution abatement in China: empirical study for ten industrial sectors from 1998 to 2009[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2013, 59: 22-31.
- [14] ANTONIO M B, LAWRENCE H G, MARK R J, et al. Distributional and efficiency impacts of increased US gasoline taxes[J]. *American Economic Review*, 2009, 99(3): 667-699.
- [15] 袁鹏,程施. 我国工业污染物的影子价格估计[J]. *统计研究*, 2011, 28(9): 66-73.
- [16] 郑石明,罗凯方. 大气污染治理效率与环境政策工具选择——基于 29 个省市的经验证据[J]. *中国软科学*, 2017(9): 184-192.
- [17] BERNARD K, BIN Q, WEI Y. The impact of FDI on air quality: evidence from China[J]. *Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies*, 2011, 4(2): 81-98.

Study on the Differences and Influencing Factors of Regional Pollution Control Costs in China

CAO Qin-qin

(School of Finance and Business, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

Abstract: in order to realize the coordinated development of economy and environment, it is necessary to calculate the cost of environmental pollution control and measure the economic production activities and environmental pollution control. However, due to the problems such as the inconsistent definition of natural resource elements and incomplete collection of physical data, there is a lack of national environmental governance cost analysis. Based on the data of air pollution in 30 provinces and cities in China, the cost method of environmental treatment is adopted to calculate the cost of pollution control in different regions and analyze the differences. Taking the most significant difference NO_x as an example, the factors influencing the unit cost of pollution control are analyzed. The results show that the energy intensity, the proportion of the secondary industry and the degree of opening up are positively correlated with NO_x the unit governance cost, while the utilization of clean energy is negatively correlated. There is a significant "U" type relationship between NO_x unit governance cost and emission intensity. Therefore, in the process of environmental pollution control measures, we can not blindly eliminate pollution and reduce emissions, but we should measure the burden of pollution control according to our own actual situation, adjust the energy intensity, energy consumption structure, degree of opening up and other factors, reduce the cost of single pollution treatment, reduce the cost of pollution control, and achieve sustainable economic development.

Key words: air pollution; environmental control cost method; cost accounting