

碳排放与雾霾污染的协同关系分析

严雅雪*

摘要:随着中国碳排放与雾霾污染的减排形势日益严峻,协同减排已逐渐成为一种趋势。根据“环境库兹涅茨假说”,伴随着经济增长,环境质量总体上会出现先恶化后好转的变化过程,在该过程中会出现所谓的“门槛效应”。本文将碳排放和雾霾污染的协同效应结果看成一个有机整体,将城市化水平纳入碳排放和雾霾污染的协同关系的分析框架,并运用门槛回归模型进行面板数据分析。结果表明:城市化水平对碳排放与雾霾污染的协同关系的影响存在门槛效应。总体上说,城市化进程会抑制协同效应,当城市化水平未越过第一道门槛时,城市化水平对碳排放量与雾霾污染的协同关系呈现弱促进影响;当城市化水平越过第一道门槛时,城市化水平对碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现弱抑制影响;当城市化水平越过第二道门槛时,城市化水平对碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现强抑制性影响。同时,本文还针对不同地区进行了分组门槛回归分析,结果发现,对于不同类型的地区,城市化水平对于碳排放和雾霾污染的协同效应影响存在一定差异。我们认为,碳排放和雾霾污染的协同效应较为显著,不应被忽视,可作为中国城市化进程中政策制定的参考依据。

关键词:碳排放;雾霾污染;协同效应;城市化;面板门槛模型

一、引言和文献综述

随着经济的快速发展,中国面临着越来越严重的环境污染问题,2009年,中国超越美国成为全世界第一大碳排放国。为了缓解环境污染问题,政府陆续制定出一系列控制减排的政策和措施。由于二氧化碳排放和雾霾污染的同根同源性,同时开展碳减排和雾霾污染治理的双

*严雅雪,中南财经政法大学社会科学院,邮政编码:430073,电子信箱:Yan_yaxue@126.com。

本文系国家自然科学基金青年科学基金项目“国际贸易对我国碳排放效率影响及政策研究”(71303176)和教育部人文社会科学研究青年基金项目“基于碳价格映射的中国工业能源结构优化研究”(13YJC790073)的阶段性成果。感谢匿名审稿人提出的宝贵建议,文责自负。

赢策略就显得日趋重要,双赢策略不仅能减少政策成本,而且还能有效地提高政府减排的决策效率。早期的碳排放和大气污染排放的协同效应研究对象,多为发达国家(以欧洲和美国为主)。比如Barker和Rosendahl(2000)运用西欧19个国家的截面数据,通过E3ME这种大型经济模型预测发现,如果能达到京都议定书制定的目标,那么欧盟在2008-2012年时的雾霾污染相对于1990年或1995年会减少8%,而且二氧化碳的排放量会减少2%~3%。Burtraw等(2003)运用RFF的HAIKU/TAF模型发现碳税达到83美元/吨时导致整体雾霾污染下降,但对碳价格的影响很微弱,即每吨碳的价格只上涨了8美元。

随着化石能源消费的增长,国际上研究中国碳排放协同效应的文献也越来越多,比如He等(2010)建立了四种模型:能源项目模型、排放估计模型、空气质量模拟模型以及健康收益模型来评估不同的能源政策的协同效应。Mao等(2012)研究了我国交通部门的碳排放以及采取加大碳税、能源税、燃料税、清洁能源汽车补贴等不同财政政策的协同效应。Liu等(2013)运用GAINS-City模型评估了北京市减排政策的协同效应。Geng等(2013)评估了沈阳在推行新排放标准、推广混合燃料机动车后的协同效应。Zhang(2013)分析了天津碳减排政策以及大气污染减排计划下的协同效应。Cheng等(2015)通过CGE模型模拟了广东省碳交易,发现碳交易的实施减少了3800吨SO₂和NO_x的排放。同时,随着中国雾霾污染的日益严重,协同效应的研究对象开始扩展到大气污染细颗粒物PM₁₀、PM_{2.5},如Zhang(2013)通过环境最低成本模型(ALC)发现在2010到2015期间,投入96.9亿元的减排资金可减少二氧化碳排放2809万吨,与此同时也减少了PM₁₀排放35930.73吨。Xue等(2014)研究了新疆风能发电对温室气体减排和降低SO₂、NO_x、PM_{2.5}等污染排放的协同效应。国内文献中,研究降低碳排放和大气污染物排放协同效应的文献也日趋增多,李雨平(2010)以攀枝花市为案例,对该市“十一五”期间29项总量减排方案进行了定量评价,发现总量减排措施对减缓温室气体排放不仅具有正面效应,还有负效应。同时,不同技术级的减排措施所产生的协同效应也各不相同,但总体上有显著的正协同效应。毛显强等(2011)从“环境-经济-技术”的角度提出了相关的协同控制技术减排方案,研究发现末端治理措施优先度排序靠后,前端控制措施及过程控制措施的排序比较靠前,且不同污染物排序结果并不相同。

然而,研究中国碳排放和大气污染的协同效应的文献,主要集中在某一局部地区或某一产业部门,较少研究囊括了中国各省份的碳排放量的协同效应,以及减少碳排放量对于健康方面的协同效应,如:Bollen等(2009)通过建立经济-能源-环境动态模型模拟不同目标的碳税政策,计算出不同碳税政策对中国居民健康经济损失的不同影响。有关中国各省份的碳排放量对于雾霾污染协同效应的研究获得了相关的有益结论:Liu等(2013)通过将CGE模型和GAINS模型结合起来,模拟出中国2020年30个省份雾霾污染以及碳排放量,发现在2020年中国二氧化碳强度会相对于2005年减少41%,而SO₂、NO_x以及PM_{2.5}相对于2005年系数变化

分别为0.8、1.26和1.0。Dong和Liang(2014)通过空间计量自相关和多元回归模型考察了中国30个省市2010年SO₂、NO_x以及PM_{2.5}排放的规律,发现了大气污染和二氧化碳存在显著的空间聚集效应。虽然很多研究使用CGE模型可以按一致方式考虑整个经济的相互作用,但是它假定的技术进步的变化率是不变的,然而技术进步变化率对于碳排放和雾霾污染的协同效应非常重要,它一定程度上左右了后者的增长路径。而且现有较多研究采用的是截面数据,样本的时间跨度不够,导致研究结论代表性不够,较难反映中国碳排放和雾霾污染发展趋势的共同点和异质性。更重要的是,以往多数学者的研究重点集中在评估碳减排政策对于雾霾污染的协同效应,或者雾霾污染的减排政策对于二氧化碳减排的协同效应,较少考察了城市化水平对雾霾污染和二氧化碳排放量共同增长或分化的趋势的影响。据此,本文提出碳排放和雾霾污染的协同关系是一个动态过程,核心是城市化水平对两者协同关系的影响,根据该地区城市化水平的变化,以期获得最大的环境治理的协同效应,令其协同控制产出最大化。

不同机构组织对于协同效应的理解并不相同,因此衍生出许多不同定义与解释。其中,IPCC的定义较为宽泛,但其关注度也仅仅停留在气候变化的协同效应之上;OECD有关协同效应的概念则主要体现在温室气体的减缓与货币化之中;美国环保局给出的定义涵盖了地方污染与温室气体减排两方面,并认为“协同效应”涵盖了两个方向:伴随着温室气体的减排,其他污染物的排放出现了显著降低(包括SO₂,NO_x,CO,VOC和PM等);同时,当控制污染物排放时,也能有效降低二氧化碳和其他温室气体的排放。本文认为城市化水平对于碳排放及雾霾污染的协同效应具有显著影响,虽然这两者之间具有同根同源的特征,但是由于技术进步、经济规模、产业结构等因素可能导致在城市化加速进程中,碳排放和大气污染排放产生同步增长关系。因此,研究城市化进程中,考察碳排放和雾霾污染的协同关系是一项有意义的工作。本文在现有的研究基础上,对以下两个方面进行了完善:第一,以减少政策成本、提高政府关于减排的决策效率为目标,从现行的经济政策的角度出发,来衡量碳排放量和雾霾污染的协同效应;第二,由于气候变化与环境污染在不同的城市化的发展阶段存在异质性的影响,故本文采用Hansen(1999)年的门槛效应模型来研究城市化在不同阶段对气候变化与环境污染的协同关系的影响,使结论更具实践参考价值。

二、模型构建

(一)门槛模型设定和估计方法

Hansen(1999)的面板门槛模型是依据数据的内生特征来划分区间的,并利用数据的自动识别来确定门槛值,进而准确地分析城市化水平与碳排放量和雾霾污染之间的协同关系。Hansen(1999)运用静态平衡面板数据构建的单一门槛模型的一般形式为:

$$Y_{it} = \mu_i + \beta_0' x_{1it} + \beta_1' x_{2it} I(q_{it} \leq \gamma) + \beta_2' x_{2it} I(q_{it} \geq \gamma) + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

上式中, i 代表观察个体, t 代表时间, x_{1it} 代表除 x_{2it} 外对解释变量存在明显影响的控制变量, 成为区间独立解释变量; x_{2it} 代表区间相关的依赖变量, 即受门槛变量影响的解释变量; q_{it} 代表门槛变量, γ 代表估计的门槛值, I 代表指标函数, 其相应的括号内条件成立时取值为 1, 否则取值为 0; μ_i 为不随时间变化的个体效应, ε_{it} 为随机干扰项。在 Hansen(2000) 研究中提出, 门槛变量不仅可以独立门槛变量而存在, 也能作为解释变量内的回归元。所以, 根据 Hansen(2000) 的研究, 我们将城市化水平作为门槛变量, 构建的双重门槛的基本模型为:

$$Y_{it} = \mu_i + \beta_0 x_{it} + \beta_1 C * I(q \leq \gamma_1) + \beta_2 C * I(\gamma_1 < q \leq \gamma_2) + \beta_3 C * (q > \gamma_2) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, Y_{it} 是雾霾污染水平, x_{it} 是控制变量包括实际 GDP 规模、第二产业比重、人均收入水平和技术水平, β_0 是控制变量系数。 q 是城市化水平, β_1 、 β_2 和 β_3 分别为门槛变量系数, 来衡量 $q \leq \gamma_1$, $\gamma_1 < q \leq \gamma_2$, $q > \gamma_2$ 三个不同区间内的城市化水平对碳排放与雾霾污染协同效应的影响系数。 C 为核心解释变量, 在本文中为碳排放量; I 为指示函数, 即相应的括号内条件成立时取值为 1, 条件不成立时则取值为 0; ε_{it} 为随机干扰项。

(二) 变量的定义和数据来源

1. 因变量: 雾霾污染 ($PM_{2.5}$)

本文选择 $PM_{2.5}$ 来表征雾霾污染主要基于以下三个原因: 第一, 雾霾污染中的细小颗粒物 $PM_{2.5}$ 对国民健康损害较大, 特别是对肺癌的影响是较为直接的; 第二, 和其他环境要素相比, 空气环境的外生决定性和外溢性更强, 这就很好解决了本文的内生性问题; 第三, $PM_{2.5}$ 指的是飘浮于空气中, 直径小于 2.5 微米的细小颗粒物, 是固态与液态物质的总称, 它比 PM_{10} 直径更小, 在工业除尘过程中较难清除。故本文采用 $PM_{2.5}$ 用来表征雾霾污染的水平, 并采用巴特尔研究所卫星监测数据进行分析。

2. 自变量: 碳排放量 (CO_2)

表 1 二氧化碳排放系数

能源名称	平均低位发热量	折标准煤系数	二氧化碳排放系数
原煤	20 908 kJ/kg	0.714 3 kgce/kg	1.900 3 kg CO ₂ /kg
焦炭	28 435 kJ/kg	0.971 4 kgce/kg	2.860 4 kg CO ₂ /kg
原油	41 816 kJ/kg	1.428 6 kgce/kg	3.020 2 kg CO ₂ /kg
燃料油	41 816 kJ/kg	1.428 6 kgce/kg	3.170 5 kg CO ₂ /kg
汽油	43 070 kJ/kg	1.471 4 kgce/kg	2.925 1 kg CO ₂ /kg
煤油	43 070 kJ/kg	1.471 4 kgce/kg	3.017 9 kg CO ₂ /kg
柴油	42 652 kJ/kg	1.457 1 kgce/kg	3.095 9 kg CO ₂ /kg
液化石油气	50 179 kJ/kg	1.714 3 kgce/kg	3.101 3 kg CO ₂ /kg
炼厂干气	46 055 kJ/kg	1.571 4 kgce/kg	3.011 9 kg CO ₂ /kg
油田天然气	38 931 kJ/m ³	1.330 0 kgce/m ³	2.162 0 kg CO ₂ /m ³

各省份能源消费总量与构成的数据,来源于《中国能源统计年鉴》,其中碳排放量的测算方式为:

$$E_j = EF_j \times Fuel_j \quad (3)$$

在上式中, E_j 代表由 j 类燃料排放出二氧化碳; EF_j 代表燃料 j 的二氧化碳排放因子, $Fuel_j$ 代表 j 燃料的消费量。排放因子如表 1 所示。其中燃料 j 消费量数据来源于历年的《中国能源统计年鉴》。

3. 门槛变量:城市化水平 (Urb)

城市化水平是中国近年来各省能源消耗剧增的重要因素之一,我们使用 2001 年至 2010 年 29 个省、直辖市和自治区的城市人口占总人口的比重(不包括港澳台、重庆,西藏地区)来表征城市化水平。

4. 控制变量

(1)实际 GDP 规模($Scale$)。本文采用的是经 GDP 平减指数调整后的 GDP,是为了考察不同经济规模下,不同地区雾霾污染与二氧化碳的排放量的关系。

(2)产业结构($Indus$)。由于第二产业是雾霾污染加重的重要因素,而且不同省份的产业结构会造成雾霾污染的巨大差异,所以本文将产业结构作为控制变量来控制产业结构对因变量的影响。

(3)平均工资水平($Awage$)。本文的平均工资水平也采用平均货币工资指数进行了调整,来剔除物价以及货币量变化的影响。

(4)人口密度(PD)。人口密度反映了不同地区的人口聚集程度。由于各个地区人口密度不同,对能源需求不同,所以将人口密度作为控制变量,来控制对雾霾污染的影响。

(5)技术水平($Tech$)。本文采用的指标是平减指数调整后的各地区技术市场成交额。反映的是各省的技术水平变化,为了考察减排技术水平的变化,本文用技术水平来衡量其对雾霾污染的影响。

(6)煤炭占比(ES)。煤炭使用量是中国近年来产生碳排放和大气污染排放的重要因素之一。本文采用的指标是各省煤炭消费量占能源消费总量的比重来反映煤炭消费占比。

本文使用 2001 年至 2010 年 29 个省、直辖市和自治区的数据(不包括港澳台、重庆,西藏碳排放量数据缺失故不计),数据均来自于历年的《中国统计年鉴》《新中国六十年统计资料汇编》和《中国能源统计年鉴》。数据的描述性统计见下表 2。

在确定门槛值之前,我们先确定各个变量之间的相关性,以保证各个变量之间引入模型后不会存在多重共线性问题,变量的相关性如下表 3 所示。从各个变量之间的相关系数来看,相关系数绝对值最高的为 0.7789,小于 0.8。可见,各变量的多重共线性情况尚未达到严重程度。这表明,自变量以及控制变量的变化对因变量不会产生大的重复性的影响。

表2 变量含义与描述性统计分析

变量	平均值	标准差	最小值	最大值
<i>PM_{2.5}</i>	27.24807	11.51964	2.17	51.94
<i>CO₂</i>	20119.7	15695.79	841.9335	111217.7
<i>PD</i>	6301.947	5564.07	294.093	30805.8
<i>Indus</i>	0.4612528	0.0777589	0.2310893	0.6013286
<i>Awage</i>	18745.66	9350.057	6441.84	60166.2
<i>Scale</i>	0.3867721	0.4628464	0.0071924	3.655555
<i>Tech</i>	486731	1165993	586.952	1.10E+07
<i>ES</i>	0.5870675	0.1846657	0.1180109	0.9598183

注:此表格中的数据为原始值。

表3 变量的相关系数

	<i>PM_{2.5}</i>	<i>CO₂</i>	<i>Pd</i>	<i>Indus</i>	<i>Awage</i>	<i>Scale</i>	<i>Tech</i>	<i>ES</i>
<i>PM_{2.5}</i>	1.0000							
<i>CO₂</i>	0.4640	1.0000						
<i>PD</i>	0.4720	0.7789	1.0000					
<i>Indus</i>	0.2312	0.5461	0.4200	1.0000				
<i>Awage</i>	0.0285	0.2611	0.4255	0.1581	1.0000			
<i>Scale</i>	0.2974	0.1386	0.3417	0.0188	0.4892	1.0000		
<i>Tech</i>	0.1370	0.0047	0.2250	-0.3164	0.5881	0.5206	1.0000	
<i>ES</i>	0.2747	0.0681	-0.2723	0.1066	-0.4835	-0.4726	-0.386	1.000

三、实证研究结果

首先,我们对回归方程中的门槛数予以确定,并设定无门槛、一个门槛、两个门槛以及三个门槛分别对模型进行门槛效果自抽样检验,经过1000次bootstrap抽样得到具体的F统计量和临界值(见表4)。加入实际GDP、产业结构、平均工资水平、人口密度、技术水平、煤炭占比等控制变量来考察碳排放量与雾霾污染之间的协同关系。雾霾污染的单门槛效应检验5%水平下显著,双门槛效应检验于1%水平下显著,三门槛效应检验于5%水平下显著。故本文选择双重门槛模型,其中双重门槛模型中城市化水平的第一门槛值为63%;城市化水平的第二门槛值为75.11%。下图1-2分别展示模型设定下门槛效应的直观结果,通过绘制似然比函数(LR)图,可清晰的了解门槛值和置信区间的构造情况。

表4 门槛估计值检验

门槛变量	单一门槛模型			双重门槛模型			三重门槛模型		
	门槛估计值	F值	P值	门槛估计值	F值	P值	门槛估计值	F值	P值
<i>Urb</i>	0.63	4.904**	0.047	0.63 0.7511	13.525***	0.0009	0.63 0.7511 0.83	4.809**	0.044

注:*、**、***分别代表通过10%、5%、1%显著水平检验。下表同。

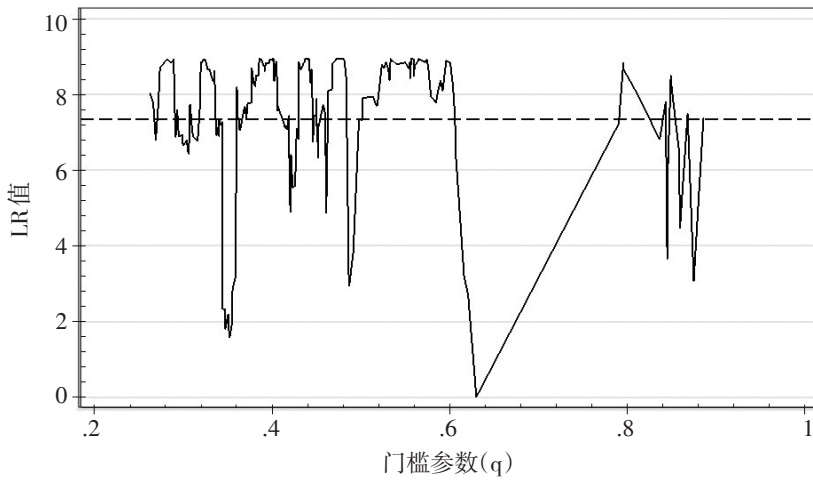


图1 第一个门槛估计值及其置信区间

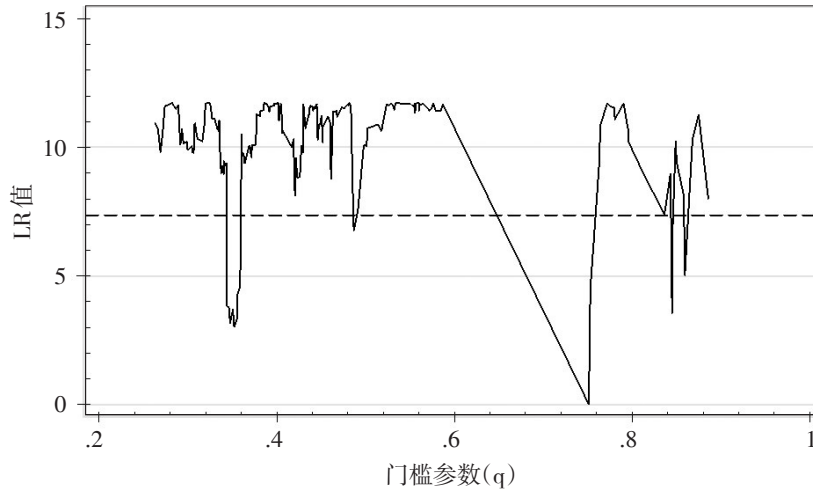


图2 第二个门槛估计值及其置信区间

表5 城市化水平对碳排放与雾霾污染协同效应门槛模型估计结果

变量	系数	标准差	P值	95%的置信区间	
$\ln ES$	-0.5395	2.812413	0.848	-6.078331	4.999328
$\ln Scale$	1.156647	1.96954	0.558	-2.722209	5.035503
$\ln Tech$	3.49E-07	3.58E-07	0.33	-3.55E-07	1.05E-06
$\ln Indus$	-0.00019***	5.22E-05	0.00	-0.0002936	-8.8E-05
$\ln Awage$	2.25193***	6.565892	0.001	9.588284	35.45031
$\ln PD$	0.0004***	0.000149	0.003	0.0001506	0.000737
碳排放1	0.002714*	0.000147	0.066	-0.0000179	0.000561
碳排放2	-0.000386	3.58E-05	0.282	-0.0001092	3.19E-05
碳排放3	-0.0001658**	6.58E-05	0.012	-0.0002954	-3.6E-05
Constant	17.8702***	3.461844	0.00	11.05241	24.68808

我们采用门槛效应模型估计了城市化水平对碳排放量与雾霾污染协同效应,结果表明碳排放与雾霾污染存在明显的协同效应(见表5)。而且城市化对协同效应的影响呈现“阶段性特征”,即当城市化发展水平较低(在越过第一门槛之前)时,对碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现促进影响。碳排放量每增加一个单位,PM_{2.5}浓度就升高0.002714个单位,影响系数显著;当地区的城市化水平越过第一道门槛时(城市化率在63%与75.1%之间),则其对碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现弱抑制影响,即碳排放量每增加一个单位,PM_{2.5}浓度就降低0.000386个单位,影响系数不显著;当地区城市化水平越过第二道门槛时(城市化率大于75.1%时),其对碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现强抑制性影响,即碳排放量每增加一个单位,PM_{2.5}浓度就降低0.001658个单位,但其影响系数在1%水平下。由此可见,城市化水平的变化对碳排放量与雾霾污染协同效应的抑制性影响更加明显。所以,实证结果证实了城市化水平会抑制碳排放量与雾霾污染的协同效应。

表6 不同类型地区对协同效应的影响示意

门槛变量	门槛条件(q)	地区类型	对协同效应影响	2010年地区类型
城市化水平	$q \leq 0.63$	低城市化水平地区	弱促进作用	东部地区(32%) 中部地区(36%) 西部地区(32%)
	$0.63 < q < 0.751$	中城市化水平地区	弱抑制作用	东部地区(100%) 中部地区(0%) 西部地区(0%)
	$q \geq 0.751$	高城市化水平地区	强抑制作用	东部地区(100%) 中部地区(0%) 西部地区(0%)

上述分析说明,如表6所示,在低城市化地区(即城市化率小于0.63),城市化率对于碳排放量以及雾霾污染的协同效应有弱促进作用,碳排放量与雾霾污染协同效应处于较强的状态,从政策成本的角度上看,城市化水平较低地区的碳减排政策和雾霾污染治理政策的实施效果要相对好于中、高城市化水平地区。在中国范围内,低城市化水平地区包括:辽宁、青海、黑龙江、海南、云南、江西、浙江、四川、河南、安徽、内蒙古、贵州、新疆、陕西、福建、江苏、山东、吉林、广西、湖北、河北、甘肃、湖南、宁夏、山西,其中东部占32%,中部占36%,西部占32%;在中等的城市化地区,城市化率对于碳排放量以及雾霾污染的协同效应有弱抑制作用,即城市化率低于0.751且大于0.63时,碳排放量与雾霾污染协同效应较弱,从政策成本的角度上看,碳减排政策和“治霾”政策的组合实施成本较高,效果较差,这样的省份数量只有1个:广东;在高城市化地区,城市化率对于碳排放量以及雾霾的协同效应有强抑制作用,碳减排政策和治霾政策的组合治理成本较高,实施效果较差,这样的省份数量有3个,分别为:北京、上海和天津,均属于东部地区。

同时,本文还针对不同城市化水平对不同地区(东部、中部、西部)进行了门槛回归分析。同样设定无门槛、一个门槛、两个门槛以及三个门槛分别对模型进行门槛效果自抽样检验,城市化水平不同地区(东部、中部和西部地区)三个门槛效应模型分别经过 1000 次 bootstrap 抽样得到具体的门槛系数值和 P 值(见表 7 和表 8)。

表 7 东、中、西部地区门槛估计值检验

门槛变量	地区	单一门槛模型			双重门槛模型			三重门槛模型		
		门槛估计值	F 值	P 值	门槛估计值	F 值	P 值	门槛估计值	F 值	P 值
Urb	东部	0.445	5.775**	0.022	0.211 0.68	3.078*	0.091	0.211 0.445 0.68	0.998	0.455
	中部	0.4519	4.117**	0.035	0.281* 0.714*	6.725*	0.069	0.281 0.451 0.714	1.411	0.35
	西部	0.391	4.125**	0.038	0.63 0.7511	2.231	0.133	0.391 0.7511 0.83	3.066*	0.094

表 8 中国东、中、西部分组门槛回归结果

	东部		中部		西部	
	系数	P 值	系数	P 值	系数	P 值
lnES	-6.588639	0.155	3.709976	0.473	5.025503	0.305
lnScale	-0.0001225	0.56	-0.00039	0.448	-0.000502	0.417
lnTech	-0.02***	0.661	0.00001***	0.009	-2.73E-06	0.425
lnIndus	-0.0000197	0.843	-0.00024	0.078	-0.00005	0.47
lnAwage	11.91189	0.43	29.76045**	0.013	19.80783**	0.033
lnPD	-0.833607	0.772	1.174389	0.942	-95.18071	0.188
碳排放 1	0.0000526	0.317	0.000088	0.336	0.0000752	0.68
碳排放 2	-0.0000559	0.229	0.000202*	0.065	-0.000038	0.819
Constant	28.94151***	0.00	10.04225	0.169	23.48488***	0.006

我们发现,东部地区单门槛效应检验在 5% 水平下显著,双门槛效应检验的水平下显著,三门槛效应检验不显著。由此可见,由于单门槛影响系数最为显著(0.022),故本文选择单门槛效应模型,估计得到的门槛值为 44.5%。结果显示,即当城市化发展水平较低时(城市化率小于 44.5%),其对东部地区的碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现促进影响,即碳排放量每增加一个单位,PM_{2.5} 浓度就升高 0.0000526 个单位,影响系数不显著;当城市化水平越过唯一门槛时(城市化率在 44.5% 之上),其对东部地区碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现抑制性影响,即碳排放量每增加一个单位,雾霾污染就降低 0.0000559 个单位,影响系数不显著。由此可见,城市化率的升高对东部地区碳排放量与雾霾污染协同效应的抑制影

响并不明显。

在对中部地区的城市化对碳排放与雾霾污染的协同效应进行门槛效应检验时发现,单门槛效应检验5%水平下显著,双门槛效应检验在10%水平下显著,三门槛效应检验不显著。可见,由于单门槛影响系数最为显著,故本文选择其作为中部地区的门槛效应模型,估计得到的门槛值为45.19%,即当城市化率较低时,其对中部地区的碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现促进影响,即城市化水平在低于45.2%时,碳排放量每增加一个单位,雾霾浓度就升高0.000088个单位,影响系数在1%水平下显著;当地区的城市化水平越过门槛时(城市化率高于45.2%),则其对中部地区碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现促进影响,即碳排放量每增加一个单位,雾霾污染PM_{2.5}浓度就升高0.000202个单位,影响系数于10%水平下显著;由此可见,城市化进程的加深促进了中部地区碳排放量与雾霾污染协同效应。

在对西部地区城市化对碳排放与雾霾污染的协同程度进行门槛效应检验时,结果发现,单门槛效应检验在5%水平下显著,双门槛效应检验不显著,三门槛效应检验在10%水平下显著,可见在西部地区,仍然是选择单门槛模型最佳。根据模型估计,本文得到的城市化率的门槛值为39.1%,即当城市化发展水平较低时(城市化率低于39.1%),其对西部地区的碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现促进影响,即碳排放量每增加一个单位,雾霾污染就升高0.0000752个单位,影响系数不显著;当地区的城市化水平越过第一道门槛时,则其对西部地区碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现抑制性影响,即碳排放量每增加一个单位,雾霾污染就降低0.000038个单位,影响系数不显著。

所以,实证结果证实了在不同类型的地区,不同城市化水平对碳排放与雾霾污染的协同效应产生的影响存在一定差异。对于东、西部地区来说,城市化对碳排放量和雾霾污染的协同效应的影响并不显著;对于中部地区来说,城市化进程加速了两者的协同效应,表明碳减排政策和“治霾”政策的组合实施成本在中部地区较低,效果较好。

四、主要结论

本文将城市化水平纳入碳排放和雾霾污染的协同关系的分析框架,运用面板门槛模型对中国2001-2010年29个省份地区的面板数据展开分析,分析发现:城市化总体上会抑制碳排放和雾霾污染的协同效应,但不同的城市化水平存在差异。在双重门槛模型中,当城市化水平越过第一个门槛时,碳排放量的系数方向发生了变化,即当城市化水平较低时,城市化对碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现促进影响;当地区的城市化水平越过第一道门槛时,城市化水平对碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现抑制性的影响;当城市化水平越过第二道门槛时,城市化水平对碳排放量与雾霾污染的协同效应呈现了强抑制性影响。对于不同类型的地区,城市化水平对于碳排放和雾霾污染的协同效应影响存在一定差异,对于东、西部地区,城

市化水平对碳排放量与雾霾污染的协同效应的影响并不显著;对于中部地区,城市化水平越高则会促进中部地区碳排放量与雾霾污染的协同效应。但总体上看,城市化水平越高对碳排放和雾霾污染协同效应的抑制性影响越明显。

从结论可知,在城市化水平较低的地区,碳排放和雾霾污染的协同效应较为显著,采取能源结构、产业结构调整和技术革新,可以使碳排放和雾霾污染得到更有效的缓解,边际减排成本更低,实施效果更好。本文结论启示了政府在制定“治霾”和碳减排政策时,需要考虑当地的资源禀赋、成本有效性和减排潜力。基于协同效应的研究,也可作为环保政策制定的参考依据,对各级政府科学地设计碳减排和“治霾”政策具有较强的指导意义。

参考文献:

- [1] 李丽平,周国梅,季浩宇. 污染减排的协同效应评价研究——以攀枝花市为例[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(5): 91-95.
- [2] 毛显强,曾桢,胡涛,邢有凯,刘胜强. 技术减排措施协同控制效应评价研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(12): 1-7.
- [3] Barker, T. and K. E. Rosendahl. Ancillary Benefits of GHG Mitigation in Europe: SO₂, NO_x and PM₁₀ Reductions from Policies to Meet Kyoto Targets Using the E3ME Model and Externe Valuations[R]. 2000.
- [4] Bollen, J. C., B. V. D. Zwaan, C. Brink, and H. Eerens. Local Air Pollution and Global Climate Change: A Combined Cost-benefit Analysis[J]. Resource and Energy Economics, 2009, 31(3): 161-181.
- [5] Burtraw, D., A. Krupnick, K. Palmer, A. Paul, M. Toman, and C. Bloyd. Ancillary Benefits of Reduced Air Pollution in the US from Moderate Greenhouse Gas Mitigation Policies in the Electricity Sector[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 45(3): 650-673.
- [6] Cheng, B., H. Dai, P. Wang, D. Zhao, and T. Masui. Impacts of Carbon Trading Scheme on Air Pollutant Emissions in Guangdong Province of China[J]. Energy for Sustainable Development, 2015, 27: 174-185.
- [7] Geng, Y., Z. Ma, B. Xue, W. Ren, Z. Liu, and T. Fujita. Co-benefit Evaluation for Urban Public Transportation Sector: Case of Shenyang, China[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 58(7): 82-91.
- [8] Hansen, B. E. Threshold Effects in Non-dynamic Panels: Estimation, Testing, and Inference[J]. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345-368.
- [9] Hansen, B. E. Sample Splitting and Threshold Estimation[J]. Econometrical, 2000, 68(3): 575-603.
- [10] He, K., Y. Lei, X. Pan, Y. Zhang, Q. Zhang, and D. Chen. Co-benefits from Energy Policies in China[J]. Energy, 2010, 35(11): 4265-4272.
- [11] Dong, L. and H. Liang. Spatial Analysis on China's Regional Air Pollutants and CO₂ Emissions: Emission Pattern and Regional Disparity[J]. Atmospheric Environment, 2014, 92: 280-291.
- [12] Liu, F., Z. Klimont, Q. Zhang, J. Cofala, L. Zhao, H. Huo, B. Nguyen, W. Schöpp, R. Sander, B. Zheng, C. Hong, K. He, M. Amann, and C. Heyes. Integrating Mitigation of Air Pollutants and Greenhouse Gases in Chinese Cities: Development of GAINS-City Model for Beijing[J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 58: 25-33.
- [13] Mao, X., S. Yang, Q. Liu, J. Tu, and M. Jaccard. Achieving CO₂ Emission Reduction and the Co-benefits of Local Air Pollution Abatement in the Transportation Sector of China[J]. Environmental Science & Policy, 2012, 21: 1-13.
- [14] Xue, B., B. Mitchell, Y. Geng, W. Ren, K. Müller, and Z. Ma, et al. A Review on China's Pollutant Emissions Reduction Assessment[J]. Ecological Indicators, 2014, 38: 272-278.

[15] Zhang, X. Co-benefits of Integrating PM₁₀ and CO₂ Reduction in an Electricity Industry in Tianjin, China[J]. Aerosol & Air Quality Research, 2013, 13(2): 756-770.

Co-benefit Analysis on Carbon Emissions and Haze Pollution

Yan Yaxue

(Institute of Social Sciences, Zhongnan University of Economics and Law)

Abstract: As the task of emission reduction is becoming increasingly arduous in China, collaborative reduction on both carbon and air pollution has gradually become a trend. According to the "environmental Kuznets hypothesis", environmental quality will experience a process of deterioration before improving along with economic growth, and it may appear a phenomenon of "threshold effect". This paper takes co-benefit of the carbon emissions and haze pollution as a whole, and attaches urbanization ration into framework of co-benefit analysis on carbon emissions and haze pollution. The paper uses threshold regression model to analysis panel data on 29 provinces of China during 2001-2010. The results show that the threshold effect exists among the urbanization ratio on collaborative relationship of carbon emissions and haze pollution. Overall, before urbanization ratio crosses the first threshold, the urbanization could suppress the co-benefit, and the urbanization ratio shows weak positive influence on collaborative relationship of carbon emissions and haze pollution. When the urbanization ratio across the first threshold, the urbanization ratio shows weak inhibitory effects on collaborative relationship of carbon emissions and haze pollution. When the urbanization ratio across the second threshold, the urbanization ratio shows strong inhibitory effects on collaborative relationship of carbon emissions and haze pollution. At the same time, the paper also carries out the threshold regression analyses aiming at different areas (the eastern, central and western regions). The urbanization ratio shows diverse effects on collaborative relationship of carbon emissions and haze pollution in different types of region. We believe that co-benefit between the carbon emissions and haze pollution is significant, which should not be ignored. And it can be taken as a reference to China's policy-making in the process of urbanization.

Keywords: Carbon Emission; Haze Pollution; Synergistic Effect; Urbanization; Panel Threshold Model

JEL Classification: F205

(责任编辑:卢玲)