

全球价值链嵌入会增加雾霾污染吗? ——基于空间溢出视角的考察

史本叶 马晓丽

摘要 在Copeland-Taylor模型的基础上构建全球价值链嵌入对城市雾霾污染影响的理论模型,并采用空间滞后模型进行实证考察,研究表明:中国城市雾霾污染具有明显的正向空间溢出效应和高排放俱乐部集聚的特征,全球价值链参与度与雾霾污染之间也存在显著的倒U型关系,中国中部和西部地区全球价值链参与度与雾霾污染之间存在显著的倒U型关系,但东部地区已跨越倒U型曲线的拐点,积极参与全球价值链生产分工将有助于降低雾霾污染。交通拥堵和传统制造业仍旧是导致雾霾污染的重要因素,人口集聚、技术进步、高质量外商投资能够有效抑制雾霾的形成。基于此,城市之间必须打破行政壁垒,建立完善的区域联防联控机制,共同治理雾霾污染。政府应甄别、筛选高质量的外资进入中国,积极推动产业结构优化,改善公共交通设施和服务,提升能源使用效率和能源清洁技术水平,以有效治理我国雾霾污染。

关键词 全球价值链;生态文明;雾霾污染;空间效应

中图分类号 F742;X513 **文献标识码** A **文章编号** 1672-7320(2021)04-0064-17

基金项目 教育部人文社会科学研究基金项目(19YJA790073);吉林省社会科学基金重点委托项目(2019WT55)

2013年至今,以PM_{2.5}为主要成分的雾霾^①污染频频发生,而且污染范围不断扩大,污染程度不断加深,严重威胁绝大多数城市居民的日常生活与健康。2017年10月,习近平总书记在党的第十九次全国代表大会报告中强调,要着力解决环境问题,坚持全民共治、源头防治,持续实施大气污染防治行动,打赢蓝天保卫战。2021年3月,李克强总理在两会政府工作报告中指出,我国要继续加大生态环境治理力度,强化大气污染综合治理和联防联控,加强细颗粒物和臭氧协同控制。近些年,虽然在各项雾霾防治措施实施后,大气污染治理取得一定成效,但空气整体质量还有待改善。据中国生态环境状况公报数据显示,全国337个城市中仅有157个城市环境空气质量达标,有180个城市环境空气质量超标(占全部城市的53.4%),以PM_{2.5}为首要污染物的天数占重度及以上污染天数的45%。可见,改善空气质量仍然是现阶段建设美丽中国和推动可持续发展的重要任务。实际上,难以驱散的雾霾污染与我国凭借低劳动力成本优势嵌入全球价值链(Global Value Chains,简称GVC)分工体系密切相关。虽然参与全球价值链分工体系快速推动了中国工业发展,促进了技术进步和生产率提升,但与此同时中国也成为发达国家的“污染避难所”,付出了惨痛的环境代价。那么,嵌入全球价值链分工体系对雾霾污染造成什么样的影响,二者之间有着怎样的具体作用机制?这种影响是否会因地理区位差异而不同?如何防控雾霾污染

① 雾霾由空气中各种悬浮颗粒物含量超标所导致,其主要组成部分包括二氧化硫、氮氧化物以及可吸入颗粒物,如PM_{2.5}(环境空气中空气动力学当量直径小于2.5微米的细颗粒物)。以PM_{2.5}为代表的可吸入颗粒物可谓是加剧雾霾污染的元凶。本文谈到的雾霾污染主要指PM_{2.5}污染。

才最为有效? 本文将对这些问题进行解答,为政府科学制定和实施治霾政策提供理论参考,进而推动我国生态文明建设。

一、文献综述

纵观国内外研究成果,着重于某一特定因素对雾霾影响的研究非常丰富,比如能源结构^[1](P19-31)、环境规制^[2](P32-61)、经济集聚^[3](P29-41)、技术进步^[4](P146-154)等角度的研究,其中与本文主题直接相关的研究可以分为两类。

第一类是从贸易开放视角研究外商直接投资(Foreign Direct Investment,简称FDI)对污染排放的影响。目前,国内外有大量学者关注二者关系,但研究结论存在分歧,主要可以分为“污染天堂”假说、“污染光环”假说、“复杂效应论”和“非线性效应论”四类观点。首先,Walter等最早提出描述FDI与环境污染之间关系的“污染天堂”假说^[5](P159-173)。该假说认为,发达国家在提升本国环境标准之后,高能耗企业的生产成本大大提高,不得不改变生产决策向环境规制较低的发展中国家投资,导致发展中国家成为全球的“污染天堂”。后续有大量学者通过理论与实证研究也证实了这一结论^[6](P819-842)^[7](P93-101)^[8](P521-529)。但是,也有学者认为“污染天堂”假说并不成立,如Mani等认为FDI带来的污染仅在短期内会出现^[9](P464-477)。在此之后,学术界产生一系列研究认为FDI可以改善一国的环境质量,被称为“污染光环”假说^[10](P877-908)^[11](P30-43)^[12](P943-951)。这部分学者认为FDI会通过技术溢出、提升发展中国家人均财富、较高的国际环保标准等途径提升东道国的清洁生产技术水平^[13](P129-169)^[14](P293-338)。第三种观点是“复杂效应论”,认为FDI对环境污染的影响是不确定的。Grossman等将国际贸易的环境效应分解为规模效应、技术效应和结构效应^[15](P1219-1271)。在此基础上,后续大量学者进行拓展研究,发现FDI对环境污染影响的三种效应不同,总的影响效果取决于它们的加总^[16](P29-41)^[17](P140-155)。最后,还有学者提出FDI和环境污染关系的“非线性效应论”。比如包群等提出,在满足假设条件时,外商直接投资与环境污染之间呈倒U型关系^[18](P3-17)。白俊红等在Copeland-Taylor贸易模型的基础上研究发现,FDI对环境污染的影响将受该地区人力资本和研发投入两个门槛变量的影响^[19](P72-83)。

第二类是利用加工贸易数据探究全球价值链嵌入对环境污染影响的研究,污染物主要集中于贸易隐含碳和二氧化硫的探讨,对雾霾污染影响的研究比较匮乏,且大多忽视了空气污染的空间溢出效应。Meng等发现中间品贸易有助于改善中国的环境质量^[20](P790-795)。与之结论不同,郑国娇通过对中国各行业垂直专业化指数和贸易隐含碳之间的关系进行考察,发现参与垂直专业化分工程度越深,贸易隐含碳排放量越高^[21](P96-105)。也有学者对二氧化硫污染进行研究,如王昆等使用加工贸易出口额占总出口比重作为垂直专业化分工的代理变量进行研究,发现参与垂直专业化分工加剧了二氧化硫排放,但其忽视了二氧化硫的空间溢出效应^[22](P790-795)。

综上所述,国内外学者在探究全球价值链嵌入与环境污染方面取得了丰硕的成果,但仍存在以下局限:第一,研究视角有待拓展。已有研究大多从嵌入全球价值链分工的某种形式(FDI或加工贸易)切入,实际上参与全球价值链分工的形式不止这两种,这样忽视了其他参与全球价值链分工的方式,无法得到参与全球价值链对雾霾污染的总体影响。第二,变量选取不够合理。以往研究大多使用SO₂、NO_x和PM10等污染物质单独作为空气污染的衡量指标。但近年来,由有毒物质的载体PM2.5为主要组成成分的雾霾成为空气污染的主要表现形式。已有研究缺少全球价值链嵌入对空气中雾霾污染浓度影响的研究。第三,研究样本不够微观。已有研究忽略了空气污染物的空间溢出效应,即使使用了空间分析方法,但大多选取的是较大的省级层面地理单元作为研究对象,影响了空间计量方法应用的准确性。

在现有研究基础上,本文拟进行以下方面的拓展:首先,从参与全球价值链分工的视角探究对雾霾污染的总体影响,并使用工具变量法控制模型的内生性问题。其次,与以往大多数研究不同,本文使用构成雾霾的主要物质PM2.5作为雾霾污染的代理变量,并将雾霾污染的空间溢出效应影响纳入分析,以

更全面地准确分析空气污染的影响因素。最后,本文使用海关数据库对 270 个地级市的全球价值链参与度进行了测算,将研究样本从省份层面细化到地级市层面,以更恰当地使用空间计量方法研究雾霾污染问题。

二、理论分析

参与全球价值链分工既推动了我国经济增长,但同时也承接了来自发达国家的污染转移。那么,嵌入全球价值链分工体系究竟会通过哪些渠道影响雾霾污染? 本文参照 Antweiler 等人的做法,在 Cope-land-Taylor 模型的基础上,构建全球价值链嵌入对雾霾污染影响的理论模型如下^[10](P885)。

假设代表性企业只生产排放污染物的资本密集型产品 X,使用资本 K 和劳动力 L 两种生产要素,则潜在产量为 $f(K, L)$ 。给定资本成本 r 和劳动力成本 w ,则潜在生产成本为 $c^f(w, r)$ 。设定 X 产品生产过程中产生的雾霾污染量为 Z,企业需为这些环境污染物支付环境税、排污费或排污许可权费。为减少排污成本,企业将投入潜在产量 θ 比例的资源用于减排。E(θ)是关于 θ 的雾霾污染减排函数,表示随着减排资源投入越多,雾霾污染水平越低,具体形式为:

$$e(\theta) = (1/A)(1 - \theta)^{1/\beta} \quad (1)$$

其中, A 为技术水平,环境污染物排放量 Z 和 X 产品的实际产量可写为:

$$Z = e(\theta)f(K, L) = (1/A)(1 - \theta)^{1/\beta} f(K, L) \quad (2)$$

$$X = (1 - \theta) f(K, L) = (A * Z)^\beta f(K, L)^{1-\beta} \quad (3)$$

在既定生产成本 c^f 和污染排放成本为 t 的条件下,企业最佳决策为在成本最小化时选择最优的污染排放水平 Z 和潜在产出 f 组合,则有:

$$\min \{c^f(w, r) f(K_x, L_x) + tAZ\} \quad (4)$$

$$s.t. A^\beta \omega(\gamma)^{-\beta} Z^\beta f^{1-\beta}(K_x, L_x) = 1 \quad (5)$$

对(4)式和(5)式求解最优解得到:

$$tA = -\lambda \beta A^\beta Z^{\beta-1} f^{1-\beta} \omega(\gamma)^{-\beta} \quad (6)$$

$$c^f(w, r) = -(1 - \beta) A^\beta Z^\beta f^{-\beta} \omega(\gamma)^{-\beta} \quad (7)$$

其中, λ 是拉格朗日乘数,将两式左右相除并整理得到:

$$\frac{c^f(w, r)}{t} = \frac{(1 - \beta)AZ}{\beta f} \quad (8)$$

假设市场为完全竞争类型,则企业利润为零,则有:

$$p_x \cdot X = c^x f(K_x, L_x) + tAZ \quad (9)$$

结合(8)式可得产品 X 的产量及污染物排放量分别为:

$$X = \frac{tAZ}{\beta p_x} \quad (10)$$

$$Z = \frac{\beta p_x X}{tA} \quad (11)$$

接着,将(11)式改写为:

$$Z = (p_x X + p_y Y) \frac{\beta}{tA} \frac{p_x X}{(p_x X + p_y Y)} \quad (12)$$

其中, S 为经济体的规模,即规模因素, $S = p_x X + p_y Y$; G_x 为 X 产品占经济体总产出的比重,即结构因

素, $G_x = \frac{p_x X}{p_x X + p_y Y}$ 。因此, 将(12)式可以写为:

$$Z = S \frac{\beta}{tA} G \quad (13)$$

对(13)式左右两边取对数后得到:

$$\ln Z = \ln S + \ln G - \ln A - \ln t \quad (14)$$

可见, 经济体的污染排放受到规模因素、结构因素、技术因素和环境规制成本因素的影响。实际上, 全球价值链嵌入会通过规模效应、结构效应和技术效应影响环境^①。

进一步地, 可将全球价值链嵌入对产业规模、产业结构和技术进步的影响分别表示为:

$$S' = gvc(S) \quad G' = gvc(G) \quad A' = gvc(A) \quad (15)$$

那么, 规模因素、技术进步因素、产业结构因素去除上述全球价值链嵌入的间接影响对外对雾霾污染的影响分别表示为:

$$S'' = S - gvc(S) \quad G'' = G - gvc(G) \quad A'' = A - gvc(A) \quad (16)$$

全球价值链嵌入对污染物排放的影响如(15)式, 将这三部分合并为一项 $\ln sum(gvc)$, 将模型(14)进一步修改为:

$$\ln Z = \beta_0 + \beta_1 \ln S'' + \beta_2 \ln G'' - \beta_3 \ln A'' + \beta_4 \ln sum(gvc) - \beta_5 \ln t \quad (17)$$

从(17)式可以看出, 全球价值链嵌入与环境污染的关系较为复杂, 其影响效应取决于全球价值链嵌入对产业规模、产业结构和技术进步影响的加总。

因此, 全球价值链嵌入会通过规模效应、结构效应和技术效应影响雾霾污染程度, 总效应取决于三者影响的加总。具体而言, 参与全球价值链分工对雾霾污染的影响可分为促增效应和促减效应。

第一, 参与全球价值链分工对雾霾污染的促增效应。发展中国家在开放初期由于缺少资金和技术, 不得不以较低的环境管制标准吸引发达国家的外商投资, 形成“向底线赛跑”的局面^[19](P72-83)。改革开放初期, 中国就以大进大出的加工贸易模式嵌入到全球价值链的生产分工体系中, 逐渐发展成为“世界代工厂”。但伴随外资和技术进入中国, 众多高污染、高能耗但低附加值的企业在中国生产运营, 要素投入和生产规模持续扩大, 导致大量工业污染气体排向大气层, 对空气质量造成了严重的负面影响。可见, 贸易规模扩大增加了环境污染, 所以嵌入全球价值链分工体系的规模效应为正。此外, 嵌入全球价值链生产分工体系让中国在生产低附加值的制造业具有了比较优势, 但也造成了严重的资源开发过度和环境污染问题。因此, 全球价值链嵌入对空气污染影响的结构效应为正。总而言之, 嵌入全球价值链分工体系将通过规模效应和结构效应加重空气污染。

第二, 参与全球价值链分工对雾霾污染的促减效应。实际上, 企业嵌入全球价值链分工会通过“链中学”“倒逼改革”以及“技术转移”三个渠道来促进自身技术进步。首先, 企业在嵌入全球价值链生产分工体系时, 可以从国外引进的先进设备和关键零部件的基础上学习改进, 这有助于促进企业生产效率提高, 进而改善能源需求结构并实现生产的低霾转型。上述过程为参与价值链的“链中学效应”^[23](P66-75)。其次, 国外高标准的市场准入要求和消费者需求同时倒逼国内参与全球价值链分工的企业改革, 企业不得不增加研发投入, 提升产品绿色技术含量, 缩短高能耗、低附加值生产环节。上述过程为企业嵌入全球价值链的“倒逼改革效应”。最后, 随着企业嵌入全球价值链程度加深, 价值链主导企业为提升产品链条的整体生产效率, 将向下游企业进行技术和专利授权, 该过程为嵌入全球价值链带来的“技术转移效应”。由此可见, 嵌入全球价值链生产分工体系有助于清洁生产技术的形成和扩散, 所以全球价

① 企业需为产生的污染物支付环境税、排污费或排污许可权费等排污成本, 通常由政府外生决定。因此, 全球价值链参与度并不会通过影响排污成本进而影响环境质量。

值链嵌入对雾霾污染影响的技术效应为负。

第三,全球价值链嵌入度与雾霾污染的倒U型关系。事实上,从价值链主导企业技术溢出到价值链从属企业吸收并应用到生产中需要一定时间。因此,在参与全球价值链分工初期,企业嵌入全球价值链分工带来的技术效应将低于规模效应和结构效应。随着企业全球价值链嵌入程度的加深,国内企业与全球价值链主导企业更容易建立长期信赖的关系,能够获得更多先进技术的转移。此外,企业内部的知识积累和人力资本等优势也逐渐形成,对于价值链的技术溢出效应的吸收能力也有所增强,嵌入全球价值链分工带来的技术效应将超过规模效应和结构效应,进而有助于改善雾霾污染。基于以上分析,本文提出假说:全球价值链参与度与雾霾污染之间可能存在倒U型关系,具体的作用机制如图1所示。

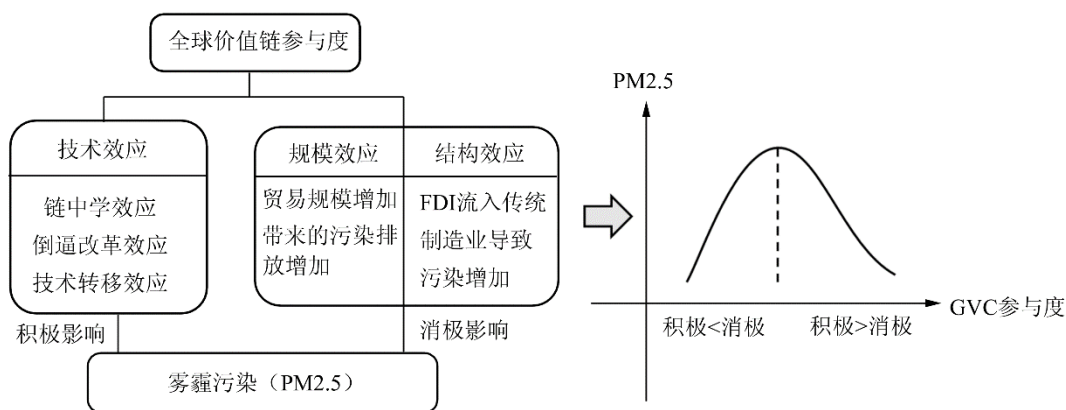


图1 全球价值链嵌入对雾霾污染影响的作用机制

三、中国雾霾污染的空间分布特征

本文的雾霾污染源数据由哥伦比亚大学国际地球科学信息网络中心所属的社会经济数据和应用中心(SEDAC)公布,使用ArcGIS软件将此栅格数据解析为中国地级市层面的年平均雾霾浓度数据^[24](P66-75)。本部分将对雾霾污染的空间分布特征进行分析,包括是否存在空间依赖性及其程度大小,具体使用全域和局域空间自相关指数依次进行检验。

(一) 全局自相关检验

首先,使用全局莫兰指数I(Moran's I)来刻画雾霾在整个系统内的空间分布特征,具体公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (18)$$

其中, i, j 为城市, n 为城市的数量, $S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$, x_i 和 $\bar{x}$ 分别为各个城市的雾霾浓度及全部城市的雾霾浓度平均值, w_{ij} 为空间权重矩阵。空间权重矩阵的设计将直接影响空间相关性检验和空间计量实证分析的结果。为保证和检验结果的准确性和稳健性,本文构建五种空间权重矩阵,如表1所示,包括地理距离空间权重矩阵(W_1)、经济距离空间权重矩阵(W_2)、地理距离衰减空间权重矩阵(W_3)、经济地理距离空间权重矩阵(W_4)以及经济地理嵌套权重矩阵(W_5)。

其中, W_4 和 W_5 两个空间权重矩阵考虑更加全面,包含地理和经济因素带来的空间溢出效应和辐射效应。因此,在空间自相关检验以及后续稳健性检验中,限于篇幅原因,部分结果汇报在 W_4 和 W_5 两个空间权重矩阵下的分析结果。从表2可见,莫兰指数在1%的显著性水平上显著为正,说明中国雾霾污染具有正向空间依赖特征,整体呈现出高一高型集聚和低—低型集聚的特点,即高雾霾污染地区周围至少有一个高污染地区或低污染地区周围至少有一个低污染地区。

表1 空间权重矩阵设定

空间权重矩阵	公式	具体含义
地理距离空间权重矩阵 W_1	$W_1 = \frac{1}{d_{ij}}$	两个城市中心位置之间距离的倒数
经济距离空间权重矩阵 W_2	$W_2 = \frac{1}{pgdp_{ij}}$	两个城市人均 GDP 差值倒数
地理距离衰减空间权重矩阵 W_3	$W_3 = \frac{1}{d_{ij}^2}$	两个城市中心位置之间距离平方的倒数
经济地理距离空间权重矩阵 W_4	$W_4 = W_1 * W_2$	地理距离和经济距离空间权重矩阵乘积
经济地理距离嵌套空间权重矩阵 W_5	$W_5 = 0.5W_1 + 0.5W_2$	地理距离和经济距离空间权重矩阵加权

表2 雾霾污染的全局空间 Moran's I

年份	经济地理距离空间权重矩阵 (W_4)	经济地理距离嵌套空间权重矩阵 (W_5)
2000	0.207***	0.183***
2001	0.221***	0.193***
2002	0.201***	0.193***
2003	0.217***	0.204***
2004	0.193***	0.185***
2005	0.189***	0.183***
2006	0.191***	0.177***

注：*、**和***表示分别在 10%、5%和 1%水平上显著。

(二) 局部空间自相关检验

为将局部地区的非典型特征考虑进来,使用局部莫兰指数对雾霾污染进行局部空间自相关检验,具体表示为:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \tag{19}$$

与全局莫兰指数相似, I_i 为正表明城市*i*的高(低)值被周围城市*j*的高(低)值包围,即高污染与高污染地区集聚或低污染与低污染地区集聚; I_i 为负表明城市*i*的高(低)值被周围城市的低(高)值所包围,即高污染与低污染地区或低污染与高污染地区临界聚集。

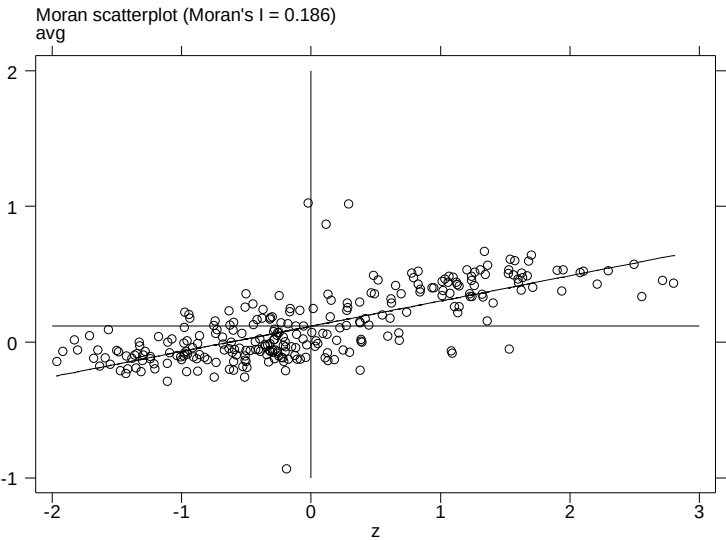


图2 经济地理矩阵下 2000-2006 年 270 个城市雾霾污染均值散点图

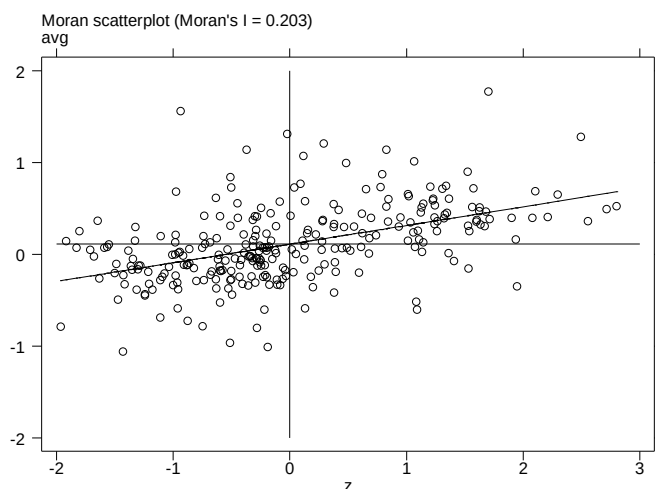


图3 经济地理嵌套矩阵下2000-2006年270个城市雾霾污染均值散点图

图2和图3分别是2000-2006年经济地理空间权重矩阵和经济地理嵌套空间权重矩阵下PM2.5浓度均值散点图,横轴表示标准化的PM2.5浓度值,纵轴为PM2.5浓度值的空间滞后值。通过局部莫兰散点图可以观察到单个城市的局域空间集聚特征,绝大多数城市均位于局部莫兰散点图的第一、三象限,证明中国雾霾污染局部地区具有正向的空间溢出效应,呈现高一高型集聚和低—低型集聚的特点。

四、模型构建、变量选取与数据来源

在理论分析基础上,为了更好地考察全球价值链嵌入对中国城市雾霾污染的实际影响,需要对相关指标的选取、实证模型的设定以及变量的来源进行详细说明。

(一) 计量模型构建

理论分析表明,产业结构、技术进步和经济规模是影响雾霾污染的重要因素。在此基础上,本文引入全球价值链参与度,以研究其对雾霾污染的影响。为避免遗漏变量带来的内生性问题,本文引入一系列控制变量,包括交通运输、人口密度、外商直接投资、城镇化程度,并将雾霾污染的空间因素考虑进来,构建空间滞后模型如下:

$$\ln PM2.5_{it} = \beta_0 + \rho W \ln PM2.5_{it} + \beta_1 \ln gvc_{it} + \beta_2 (\ln gvc_{it})^2 + \beta_3 \ln technology_{it} + \beta_4 \ln industry_{it} + \beta_5 \ln economy_{it} + \beta_6 (\ln economy_{it})^2 + \beta_7 \ln transportation_{it} + \beta_8 \ln population_{it} + \beta_9 \ln urban_{it} + \beta_{10} \ln fdi_{it} + \mu_i + \gamma_t + \xi_{it}$$

其中, i 为城市, t 为年份,PM2.5表示雾霾浓度,gvc表示全球价值链参与度,technology表示研发强度,industry表示产业结构,economy表示经济发展水平,transportation表示交通拥挤程度,population表示人口密度,urban表示城镇化程度,fdi表示外商直接投资, μ_i 为城市固定效应, γ_t 为时间固定效应, ξ_{it} 为正态分布的随机误差项。

(二) 变量选取及数据来源

限于海关数据的可获得性,本文选取的样本区间为2000-2006年,被解释变量和核心解释变量为作者测算得来,控制变量均来源于《中国城市统计年鉴》,但由于部分城市控制变量数据的缺失,最终选取270个地级市进行实证分析,少部分缺失数据采用插值法填补。

1. 被解释变量:雾霾污染(PM2.5)。如上文所述,雾霾污染数据是根据哥伦比亚大学社会经济数据和应用中心的雾霾污染源数据解析得来。

2. 核心解释变量:全球价值链参与度(gvc)。本文在邵朝对等测算中国各省份全球价值链参与度

的基础上,进一步测算了地级市层面的全球价值链参与度^[25](P94-114)。该指标测算的核心思想是在Hummels等人研究的基础上,考虑加工贸易和一般贸易以及中间贸易商的问题,对全球价值链参与度指标做进一步修正^[26](P75-96)。最终,各城市全球价值链参与度的公式表达为:

$$gvc_i = \frac{im_{ip}^{total} \Big|_{BEC} + \left(ex_{io}^{total} / (y_i - ex_{ip}^{total}) \right) im_{io}^{total} \Big|_{BEC}}{ex_{io}^{total} + ex_{ip}^{total}} \quad (20)$$

$im_{in}^{total} \Big|_{BEC} (n=o, p)$ 表示各城市考虑中间贸易代理商后不同贸易方式下进口中间品的数额, $ex_{in}^{total} (n=o, p)$ 表示各城市考虑中间贸易代理商后不同贸易方式下实际出口产品的数额, n 为贸易模式, o 为一般贸易, p 为加工贸易, y_i 为各城市每年的国内生产总值。

本文使用海关数据库对地级市层面的全球价值链参与度进行了测算,根据理论分析,全球价值链参与度与雾霾污染之间呈现倒U型关系,因此,预期核心解释变量的一次项和二次项系数均为负^①。关于全球价值链参与度指标的具体测算步骤如下:

首先,将海关数据库的每一条记录根据生产地或消费地、邮政编码、电话号码三个字段匹配到其所属的城市,未识别出的记录使用百度搜索企业名称获得企业的相关字段信息。第二,识别各个地区加工贸易和一般贸易下的进口中间品。对于加工贸易而言,进口产品均为中间品。对于一般贸易来说,将以HS编码的海关数据记录与联合国制定的广义经济分类标准(BEC)匹配,进而识别出进口中间品。第三,考虑中间贸易代理商的问题,计算得到各城市真实的进出口额^[27](P1402-1436)。根据不同贸易方式,使用中间贸易代理商的海关进口中间品和出口总额占全部进口中间品和出口总额的比重,代替各城市通过中间贸易代理商进口中间品和出口总额的比重。然后,剔除所有中间贸易代理商的进出口记录。

表3 描述性统计分析

变量名	变量含义	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
lnPM2.5	雾霾污染浓度	1890	3.360	0.507	1.508	4.509
lngvc	全球价值链参与度	1890	-1.639	0.922	-1.959	-0.001
lntechnology	技术水平	1890	-5.685	0.910	-15.538	-1.531
lnindustry	产业结构	1890	3.783	0.271	0.978	4.497
lneconomy	经济发展水平	1890	1.496	0.817	0.095	4.047
lntransportation	交通运输	1890	-1.102	1.237	-5.458	3.351
lnpopulation	人口密度	1890	0.307	0.181	0.0170	0.999
lnurban	城镇化水平	1890	-1.375	0.778	-4.076	-0.020
lnfdi	外商直接投资	1890	-3.644	2.548	-9.735	6.045

3. 控制变量。主要包括以下方面:(1)技术水平(technology)。借鉴邓玉萍等的做法,从投入型角度来衡量各城市技术水平,采用地方预算支出中科学技术支出比重来衡量^[28](P47-54)。Acemoglu等提出技术进步是有偏的,本文将对我国的技术进步是偏向于治理污染还是扩大污染进行检验^[29](P84-122)。(2)产业结构(industry),以各城市第二产业产值占GDP比重来衡量。(3)经济发展水平(economy)。传统的衡量方式通常使用我国官方发布的国民经济统计数据人均GDP来衡量经济发展水平。相比之下,Hendereson等指出,夜间灯光数据可以更好地衡量地区的经济发展水平^[30](P194-199)。因此,本文采用我国各城市的夜间稳定灯光亮度值(DN值)来衡量经济发展水平^②。(4)交通运输(transportation),采用单位行政区域面积内的公路里程来衡量交通运输。(5)人口密度(population),以各城市单位行政区域面积内年末总人口的比重来衡量。(6)城镇化率(urban)。根据邵帅等的分析,城镇化进程有助于资源

① 因为全球价值链参与度指标的取值范围是0-1,取对数后取值范围变为负,所以如果非线性关系成立,则倒U型曲线应处于第二象限,即核心解释变量的一次项和二次项系数均为负。

② 具体做法:美国国家海洋和大气管理局(NOAA)发布的全球夜间稳定灯光亮度数据作为源数据,将其矢量化处理并通过内部校准和数据整合等方式减少观测误差,进而得到中国各城市的夜间稳定灯光亮度值(DN值,即DN总值/栅格数)来衡量经济发展水平。

更合理地配置和知识溢出,进而推动企业实现清洁生产和产业结构向绿色方向转型升级^[31](P148-165)。本文采用各城市非农业人口占总人口的比重来刻画城镇化率。(7)外商直接投资(fdi),使用各城市外商直接投资存量占GDP的比重来衡量。各变量的描述性统计分析如表3所示。

五、实证结果分析

本文基于构建的计量模型,使用地级市层面空间面板数据,采用极大似然函数进行估计,首先得到全球价值链嵌入对雾霾污染影响的基础回归结果。在此基础上,使用广义空间两阶段最小二乘法(GS2SLS)对模型的内生性问题进行处理和控制,以得到更准确的研究结论。为排除偶然性结果出现的情况,本文采用三种不同的方式进行稳健性检验。在基本结论分析之后,本文从全球价值链嵌入的规模效应、结构效应和技术效应三个方面进行了机制检验,并对东、中、西部地区的情况进行异质性分析。

(一) 基础回归结果

首先,基础回归结果如表4所示,与空间自回归检验结果一致,雾霾污染空间滞后项的系数在1%的水平上显著为正,雾霾污染在空间交互作用下存在显著的集聚特征和空间依赖关系,本地区的雾霾污染与经济地理相近地区的雾霾污染密切相关,地区之间呈现“一荣俱荣,一损俱损”的特点^[32](P73-88)。无

表4 基础回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	W1	W2	W3	W4	W5
W·lnPM2.5	2.3299*** (0.039)	0.2251*** (0.065)	15.770*** (1.423)	1.3657*** (0.043)	15.7699*** (1.423)
lngvc	-0.0068* (0.004)	-0.0309*** (0.005)	-0.029*** (0.005)	-0.0235*** (0.005)	-0.0288*** (0.005)
lngvc2	-0.0012** (0.001)	-0.0031*** (0.001)	-0.003*** (0.001)	-0.0026*** (0.001)	-0.0028*** (0.001)
ln technology	-0.0072* (0.004)	-0.0332*** (0.005)	-0.034*** (0.005)	-0.0212*** (0.005)	-0.0336*** (0.005)
ln industry	0.0637** (0.028)	0.1434*** (0.037)	0.149*** (0.037)	0.1213*** (0.033)	0.1491*** (0.037)
ln economy	0.6288*** (0.177)	1.8377*** (0.235)	1.899*** (0.232)	1.3206*** (0.213)	1.8989*** (0.232)
ln economy2	-0.2222*** (0.079)	-0.3769*** (0.106)	-0.412*** (0.104)	-0.2744*** (0.095)	-0.4121*** (0.104)
ln transportation	0.2245 (0.149)	0.4644** (0.199)	0.468** (0.197)	0.3649** (0.180)	0.4683** (0.197)
ln population	-0.2481* (0.149)	-0.4645** (0.199)	-0.464** (0.197)	-0.3794** (0.180)	-0.4642** (0.197)
ln urban	-0.0059 (0.004)	-0.0546*** (0.006)	-0.054*** (0.006)	-0.0372*** (0.005)	-0.0544*** (0.006)
ln fdi	-0.0004 (0.001)	-0.0051*** (0.002)	-0.005*** (0.002)	-0.0034** (0.002)	-0.0053*** (0.002)
sigma2_e	0.0114*** (0.000)	0.0202*** (0.001)	0.020*** (0.001)	0.0165*** (0.001)	0.0197*** (0.001)
城市效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Observations	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890
R-squared	0.43	0.28	0.166	0.07	0.17

注:括号内数值为标准差,*、**和***分别表示在10%、5%和1%水平上显著,下同。

论设定何种空间权重矩阵,全球价值链参与度均与雾霾污染之间呈现先增后减的倒U型关系。当全球价值链参与度较低时,参与全球价值链分工将增加雾霾污染,但当全球价值链参与度超过阈值时,全球价值链参与度提升将显著降低雾霾污染。该结果充分验证了理论假说,企业在嵌入全球价值链分工的前期往往承担着国外低附加值、高能耗的生产环节,会大量增加地区的工业污染物排放,此时,嵌入全球价值链分工的规模效应和结构效应小于技术效应。但与此同时,企业嵌入全球价值链分工体系也会通过“链中学”“倒逼改革”与“技术转移”三种渠道促进技术进步,进而提升地区的全球价值链参与度。当全球价值链参与度逐渐提高到某一数值之后,全球价值链主导企业与本土企业的长期合作机制已经形成,能源和生产系统的技术逐步升级,这有助于从源头提高企业能源、资源使用效率,实现在生产流程前端预防,进而提升企业环境污染的防治水平,达到抑制城市雾霾污染的效果。

控制变量的结果显示技术进步(technology)的系数显著为负,表明我国的研发投入是以清洁型技术为导向,有助于降低雾霾污染。以第二产业比重衡量的产业结构(industry)在1%显著性水平上对雾霾污染有正向影响,说明我国传统制造业的比重仍然较高,大量使用化石燃料后排放的污染气体和工业粉尘仍然是造成雾霾污染的重要原因。交通运输(transportation)的系数也基本显著为正。陆上交通工具排放的尾气包括二氧化硫(SO_2)、氮氧化物(NO_x)以及一氧化碳(CO)等污染气体和悬浮颗粒物,交通拥堵时会造成大量此类污染物集聚上空形成雾霾,对人们生产生活造成极大困扰。以稳定灯光亮度值衡量的经济发展水平(economy)的一次项系数显著为正,二次项系数显著为负。这表明与环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve,简称EKC)假说相一致,经济发展水平和雾霾污染之间呈现先增后减的倒U型关系。与以往大多数研究结果不同,人口密度(population)并非雾霾污染的促增因素,相反,城市平均的人口集聚效应超过规模效应,使得人口密度提高会降低单位工业增加值的污染排放,进而有助于改善环境质量^[33](P73-88)。城镇化率(urban)的系数显著为负,与以往研究一致,资源共享、要素高效配置的紧凑集约型城市化模式有助于抑制雾霾污染的形成。最后,外商直接投资(fdi)的估计系数为负,表明外商投资能够有效抑制雾霾污染。原因可能在于,中国对FDI的环境规制标准在逐步提升,使得FDI往往引进先进的环保设备并使用更高级的污染处理技术,进而有效降低污染物的排放。

(二) 内生性问题处理

雾霾污染形成可能受到很多因素的共同作用,虽然本文尽可能控制了一些影响雾霾污染的重要变量,但依旧受制于数据可得性等因素而遗漏其他重要变量,进而造成模型估计结果因内生性问题产生不准确的问题。此外,空间计量模型的传统估计方法极大似然估计仅在扰动项服从正态分布时,估计系数才具有一致性。但是,数据存在异方差等非正态分布特征是常态。因此,本文使用广义空间两阶段最小二乘法进行回归。原因在于,该方法使用各个解释变量的空间滞后项作为工具变量进行回归,在数据存在异方差时仍然可以得到一致估计量,并且在一定程度上能够缓解模型的内生性问题。参照邵帅等的做法,本文首先使用各解释变量的最高三阶空间滞后项作为其工具变量对模型进行估计,得到在不同空间权重矩阵设定下的回归结果(见表5),再在稳健性检验中使用各解释变量的最高二阶空间滞后项作为其工具变量对模型重新估计^[31](P155)。考虑内生性问题后的回归结果见表5,与基准回归结果一致,全球价值链参与度和雾霾污染之间的倒U型关系依然成立,即当全球价值链参与度超过一定阈值时,全球价值链参与度的提升可以有效抑制雾霾污染。

表5 GS2SLS法回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5
$W \cdot \ln PM_{2.5}$	2.1882*** (0.075)	0.2266** (0.104)	69.6962 (49.469)	1.9417*** (0.115)	21.5764*** (4.819)

续表

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5
lngvc	-0.0083* (0.004)	-0.0309*** (0.006)	-0.0310*** (0.006)	-0.0203*** (0.005)	-0.0280*** (0.006)
lngvc2	-0.0013** (0.001)	-0.0031*** (0.001)	-0.0030*** (0.001)	-0.0024*** (0.001)	-0.0027*** (0.001)
ln technology	-0.0089** (0.004)	-0.0332*** (0.006)	-0.0342*** (0.006)	-0.0154*** (0.005)	-0.0331*** (0.006)
ln industry	0.0685** (0.030)	0.1434*** (0.040)	0.1421*** (0.040)	0.1122*** (0.036)	0.1514*** (0.040)
ln economy	0.7066*** (0.196)	1.8373*** (0.256)	1.8736*** (0.256)	1.0729*** (0.230)	1.8956*** (0.250)
ln economy2	-0.2331*** (0.086)	-0.3767*** (0.115)	-0.3896*** (0.115)	-0.2208** (0.102)	-0.4160*** (0.112)
ln transportation	0.2399 (0.163)	0.4643** (0.216)	0.4706** (0.216)	0.3176* (0.191)	0.4651** (0.212)
ln population	-0.2618 (0.163)	-0.4644** (0.216)	-0.4690** (0.217)	-0.3395* (0.192)	-0.4607** (0.213)
ln urban	-0.0090* (0.005)	-0.0546*** (0.006)	-0.0552*** (0.006)	-0.0293*** (0.006)	-0.0538*** (0.006)
ln fdi	-0.0007 (0.001)	-0.0051*** (0.002)	-0.0052*** (0.002)	-0.0025 (0.002)	-0.0053*** (0.002)
Constant	-0.2523* (0.132)	0.6486*** (0.170)	0.6675*** (0.170)	0.1459 (0.153)	0.5633*** (0.169)
城市效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890

(三) 稳健性检验

为检验结果的一致性,本文进行了一系列稳健性检验。首先,在模型中引入经济发展水平的三次项对模型进行稳健性检验。Grossman等在模型中引入使用人均财富衡量经济发展水平的三次项对模型进行稳健性检验^[16](P1250)。本文研究不同于EKC假说,认为经济发展水平与环境质量之间还可能出现U型、N型和倒N型等非线性关系。其次,替换GS2SLS方法的工具变量进行稳健性检验。选取各解释变量最高二阶空间滞后作为GS2SLS估计的工具变量重新估计。第三,已有研究很少将供暖因素(heat)纳入模型中。目前煤多气少的禀赋特征导致燃煤相比燃气成本要低很多,很多地区依旧使用燃烧煤矿和秸秆进行供暖,进而产生大量空气污染物质,本文将城市是否供暖纳入模型进行稳健性检验。从表6可知,与基准回归结果一致,无论是哪种稳健性检验方式,雾霾污染的空间溢出效应依旧显著为正,全球价值链参与度与雾霾污染之间仍是倒U型的关系,其他控制变量对雾霾污染的影响结论也稳健。

表6 稳健性检验

变量	增加经济增长三次项		替换工具变量		加入供暖因素	
	W_3	W_4	W_3	W_4	W_3	W_4
wly_lnPM2.5			69.6962 (49.469)	1.9417*** (0.115)		
W·lnPM2.5	107.3679*** (33.155)	1.3669*** (0.043)			67.5393*** (16.732)	5.6037*** (1.463)

续表

变量	增加经济增长三次项		替换工具变量		加入供暖因素	
	W ₃	W ₄	W ₃	W ₄	W ₃	W ₄
lngvc	-0.0321*** (0.005)	-0.0247*** (0.005)	-0.0310*** (0.006)	-0.0203*** (0.005)	-0.0502*** (0.006)	-0.0502*** (0.006)
lngvc2	-0.0031*** (0.001)	-0.0026*** (0.001)	-0.0030*** (0.001)	-0.0024*** (0.001)	-0.0053*** (0.001)	-0.0053*** (0.001)
Intechnology	-0.0318*** (0.005)	-0.0192*** (0.005)	-0.0342*** (0.006)	-0.0154*** (0.005)	-0.0611*** (0.006)	-0.0620*** (0.006)
lnindustry	0.1368*** (0.037)	0.1163*** (0.033)	0.1421*** (0.040)	0.1122*** (0.036)	0.1504*** (0.039)	0.1540*** (0.039)
lneconomy	1.7900*** (0.235)	1.2530*** (0.212)	1.8736*** (0.256)	1.0729*** (0.230)	1.6494*** (0.243)	1.6763*** (0.243)
lneconomy ²	-0.2657** (0.111)	-0.1534 (0.100)	-0.3896*** (0.115)	-0.2208** (0.102)	-0.4782*** (0.109)	-0.4949*** (0.109)
lneconomy ³	-0.0316*** (0.009)	-0.0325*** (0.008)				
lntransportation	0.3644* (0.201)	0.2590 (0.181)	0.4706** (0.216)	0.3176* (0.191)	0.3163 (0.223)	0.3175 (0.222)
lnpopulation	-0.3616* (0.201)	-0.2714 (0.182)	-0.4690** (0.217)	-0.3395* (0.192)	-0.3052 (0.223)	-0.3058 (0.223)
lnurban	-0.0535*** (0.006)	-0.0358*** (0.005)	-0.0552*** (0.006)	-0.0293*** (0.006)	-0.0633*** (0.007)	-0.0636*** (0.007)
lnfdi	-0.0052*** (0.002)	-0.0033** (0.002)	-0.0052*** (0.002)	-0.0025 (0.002)	-0.0096*** (0.002)	-0.0097*** (0.002)
heat					0.1459*** (0.057)	0.1335** (0.058)
sigma2_e	0.0201*** (0.001)	0.0164*** (0.001)			0.0254*** (0.001)	0.0252*** (0.001)
Constant			0.6675*** (0.170)	0.1459 (0.153)	1.0770*** (0.169)	1.0510*** (0.170)
城市效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890	1,890

(四) 机制分析

理论分析表明全球价值链嵌入会通过结构效应、规模效应和技术效应影响雾霾污染。因此,本部分将通过引入产业结构、经济规模、技术进步和全球价值链参与度的交互项来检验此作用机制。表7给出了在经济地理距离权重矩阵和经济地理距离嵌套矩阵下的机制分析回归结果。首先,可以发现产业结构与全球价值链参与度的交互项系数显著为正。这说明参与全球价值链分工的产业主要以低附加值和低技术含量的传统制造业为主,随着参与全球价值链分工程度的提升,传统制造业的比较优势得以扩大,但同时也促进了大量能源资源的消耗,最终导致雾霾等环境污染愈发严重。其次,与理论分析一致,经济规模与全球价值链参与度的交互项系数显著为正,表明全球价值链嵌入的规模效应将加重雾霾污染。对外开放使得我国各城市不同程度上嵌入全球价值链生产分工体系,为广阔的国际市场提供最终消费品,大大提升了当地的经济水平。但与此同时,长期生产高污染、高能耗但低附加值的产品也导致大量工业污染气体排向天空,成为严重雾霾污染的重要成因。最后,技术进步与全球价值链参与度的交互项系数显著为负,表明全球价值链嵌入的技术效应有助于降低雾霾污染。如理论分析所言,企业

嵌入全球价值链分工体系带来的“技术转移”“倒逼改革”和“链中学效应”都有助于企业技术进步,从而提升能源利用效率并降低单位产值的污染物排放。

表 7 机制分析

变量	经济地理距离权重矩阵			经济地理距离嵌套矩阵		
	结构效应	规模效应	技术效应	结构效应	规模效应	技术效应
$W \cdot \ln PM_{2.5}$	2.3846*** (0.029)	2.3848*** (0.029)	2.3826*** (0.029)	142.2919*** (35.855)	15.8481*** (1.526)	15.8345*** (1.531)
$\ln industry \cdot \ln gvc$	0.0175*** (0.005)			0.0112* (0.006)		
$\ln economy \cdot \ln gvc$		0.0045*** (0.002)			0.445*** (0.1214)	
$\ln technology \cdot \ln gvc^2$			-0.0845** (0.047)			-0.1885* (0.1096)
$\ln gvc$	-0.0658*** (0.019)	-0.0067** (0.003)	-0.0038* (0.009)	-0.0489** (0.025)	-0.0090** (0.004)	-0.0089** (0.0038)
$\ln technology$	-0.0098** (0.004)	-0.0104** (0.004)	-0.0119** (0.005)	-0.0268*** (0.006)	-0.0286*** (0.005)	-0.0297*** (0.006)
$\ln industry$	0.1113*** (0.031)	0.0523** (0.026)	0.0516** (0.026)	0.1066*** (0.040)	0.0763** (0.033)	0.0760** (0.033)
$\ln economy$	0.2929 (0.192)	0.3233* (0.191)	0.3453* (0.192)	0.8928*** (0.249)	0.9628*** (0.246)	0.9742*** (0.247)
$\ln economy_2$	-0.1065 (0.085)	-0.1163 (0.085)	-0.1295 (0.085)	-0.1556 (0.111)	-0.1886* (0.110)	-0.1950* (0.110)
$\ln transportation$	-0.0178* (0.010)	-0.0165* (0.010)	-0.0182* (0.010)	0.0092 (0.013)	0.0121 (0.013)	0.0114 (0.013)
$\ln population$	-0.0011 (0.009)	-0.0001 (0.009)	-0.0003 (0.009)	0.0414*** (0.012)	0.0385*** (0.012)	0.0382*** (0.012)
$\ln urban$	-0.0017 (0.006)	-0.0011 (0.006)	-0.0011 (0.006)	0.0114 (0.008)	0.0112 (0.008)	0.0112 (0.008)
$\ln fdi$	-0.0005 (0.001)	-0.0007 (0.001)	-0.0007 (0.001)	-0.0101*** (0.002)	-0.0100*** (0.002)	-0.0100*** (0.002)
σ_2_e	0.0086*** (0.000)	0.0086*** (0.000)	0.0087*** (0.000)	0.0146*** (0.001)	0.0143*** (0.001)	0.0143*** (0.001)
Observations	1,620	1,620	1,620	1,620	1,620	1,620
R-squared	0.43	0.44	0.43	0.26	0.16	0.16
N	270	270	270	270	270	270

(五) 异质性分析

改革开放初期,东部沿海地区被划定为中国的对外开放窗口。东部地区城市以“大进大出”为特征的加工贸易方式率先嵌入国际分工体系之中,成为承接国际产业转移的主要阵地。那么,地理位置是否会导致全球价值链参与度对雾霾污染的影响产生不同,回答这个问题对于不同地区治理雾霾污染具有重要意义。因此,本文参照《中华人民共和国国民经济和社会发展第七个五年计划(1986-1990)》和国家“西部大开发”战略,将国内省市划分为东、中、西部地区分别进行考察^①。表8给出了分区域样本回归结

① 东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南;中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南;西部地区包括四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、内蒙古、广西和重庆。

果,东、中、西部地区雾霾污染的空间溢出效应均显著为正,表明区域层面雾霾污染也具有明显的空间集聚特征。东部地区的回归结果显示,全球价值链参与度的一次项系数显著为负,二次项系数不显著,这表明东部地区参与全球价值链的技术效应超过规模效应和结构效应,全球价值链参与度提升可以显著降低雾霾污染。但是,中西部地区的全球价值链参与度还未跨越门槛值,与雾霾污染之间仍是倒U型关系。原因在于,东部地区经济发展水平不断提升和劳动力知识技能水平提高导致劳动力成本攀升,使得原本依赖于低成本劳动力的污染密集型行业不得不从东部地区向中西部地区转移^[34](P45-66)。另外,相比之下,东部地区具有较高的人力资本、完善的基础设施以及相对健全的制度环境,不仅有助于吸引质量更高的外商投资,而且对外商直接投资技术溢出的吸收能力也较强。因此,东部地区将承接能耗和污染更低的价值链生产环节,而中西部地区更多承担污染相对密集的生产环节。对于东部地区而言,嵌入全球价值链程度越高,越有助于提升企业的能源使用效率,进而减少雾霾污染物的排放。

表8 分区域样本回归结果

变量	经济地理距离权重矩阵			经济地理距离嵌套矩阵		
	东部地区	中部地区	西部地区	东部地区	中部地区	西部地区
W·lnPM2.5	0.2778*** (0.001)	2.3453*** (0.036)	0.2127*** (0.065)	0.0120*** (0.001)	14.5530*** (1.290)	-0.0135 (0.085)
lngvc	-0.1174** (0.047)	-0.0086** (0.004)	-0.0321*** (0.005)	-0.0027** (0.009)	-0.0409*** (0.007)	-0.0420*** (0.009)
lngvc2	0.0091 (0.007)	-0.0013** (0.001)	-0.0031*** (0.001)	-0.0003 (0.001)	-0.0048*** (0.001)	-0.0034*** (0.001)
ln $technology$	0.2317*** (0.062)	-0.0038 (0.004)	-0.0314*** (0.005)	-0.0016 (0.008)	-0.0232*** (0.009)	-0.0339*** (0.008)
ln $industry$	-1.0436** (0.526)	0.0551** (0.027)	0.1386*** (0.037)	0.0119 (0.064)	0.2639*** (0.073)	0.1195 (0.073)
ln $economy$	10.5446* (6.039)	0.5126*** (0.175)	1.7778*** (0.235)	0.7321** (0.331)	-0.8764 (0.829)	2.1740*** (0.412)
ln $economy2$	-5.5125** (2.744)	-0.0266 (0.082)	-0.2632** (0.111)	-0.2532* (0.145)	0.7095* (0.377)	-0.5315*** (0.180)
ln $transportation$	-1.7530 (1.411)	0.0527 (0.149)	0.3644* (0.201)	-0.0237 (0.023)	0.2396 (0.194)	0.3996 (0.320)
ln $population$	1.8728 (1.417)	-0.0731 (0.149)	-0.3623* (0.201)	-0.0024 (0.010)	-0.2426 (0.194)	-0.3760 (0.320)
ln $urban$	0.2748*** (0.056)	-0.0034 (0.004)	-0.0533*** (0.006)	0.0024 (0.003)	-0.0518*** (0.008)	-0.0644*** (0.009)
ln fdi	0.0637*** (0.015)	-0.0003 (0.001)	-0.0051*** (0.002)	6.4111*** (0.236)	-0.0065*** (0.002)	-0.0055** (0.003)
sigma2_e	0.6447*** (0.036)	0.0110*** (0.000)	0.0201*** (0.001)	-0.0016 (0.008)	0.0121*** (0.001)	0.0176*** (0.001)
城市效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	686	693	350	686	693	350

除此之外,通过对比中部和西部地区的回归结果可以发现,无论是何种空间权重矩阵之下,中部地区雾霾污染的空间溢出效应都高于西部地区。这是由于中部地区与西部地区相比,整体的基础设施和制度体系相对完善,能够承接更多东部地区转移的高能耗和低附加值的重工业,而且省与省之间地理距

离和经济距离都较低的中部地区经济贸易往来更加紧密,因而雾霾污染的空间溢出效应更强。同时,西部地区地理空间范围较大,煤炭消费比重较低,雾霾不易在上空聚集并且加剧。从两个地区倒U型曲线的拐点值对比来看,虽然西部地区的拐点值要早于中部地区,但这不意味着西部地区更容易跨越全球价值链嵌入度的阈值进入减霾阶段。从两个地区跨越拐点值的城市数量对比来看,中部地区跨越拐点值的城市比例达到55.55%,而西部地区跨越拐点值的城市比例仅占24%,主要因为中部地区相对具有区位、设施、人才和政策方面的优势。中部地区不仅在地理位置上连贯东西部地区,而且具有四通八达的交通网络,再加上得天独厚的资源条件,以及国家给予的大量外商投资等特殊政策,吸引集聚了大量人才。这些优势条件使得中部地区相比西部地区具有更高的全球价值链参与度,并且对参与全球价值链带来的“链中学效应”“倒逼改革效应”及“技术转移效应”的吸收能力也更强,因而跨越拐点值的城市比例也就更高。

六、结论和政策建议

本文通过构建理论模型提出研究假说,运用空间滞后模型就嵌入全球价值链分工对城市雾霾污染的影响进行了实证检验。总结文章所得研究结论和提出的对策建议如下。

(一) 研究结论

中国城市雾霾污染呈现明显的空间溢出效应和“高排放俱乐部”集聚特征,即周边城市雾霾污染将显著加剧本城市雾霾污染程度。全球价值链嵌入会通过规模效应、结构效应和技术效应影响雾霾污染。在嵌入全球价值链初期,规模效应和结构效应大于技术效应,全球价值链参与度提升将增加雾霾污染;但随着全球价值链参与度不断提高,全球价值链嵌入的技术效应将超过规模效应和结构效应,进而可以有效抑制雾霾污染。因此,全样本结果显示全球价值链参与度与雾霾污染之间呈现先增后减的倒U型曲线关系。分区域样本回归结果显示,中西部地区与全样本回归结果一致,但东部地区已跨越倒U型曲线的拐点,全球价值链参与度提升能够显著抑制雾霾污染。交通拥堵和传统制造业仍旧是城市雾霾加剧的重要因素,人口集聚、技术进步和外商直接投资能够有效抑制雾霾的形成。

(二) 政策建议

基于以上分析,本文提出以下对策建议:

首先,必须强化雾霾防治工作中联防联控的意识,雾霾空间溢出效应必须纳入减霾政策制定的考虑之中。同时联防联控的实施应具有地区针对性,对于雾霾污染呈现高大型集聚特点的区域更应采取联合治理。具体而言,城市之间必须打破行政壁垒,合理规划产业布局,建立完善的区域联防联控机制,加强“局域俱乐部集团”(如污染严重的城市群)共同治理,才能有效防治大气污染。

其次,在逆全球化趋势不断加强的形势下,我国应遏制贸易保护主义和单边主义,积极参与并提升全球价值链的参与度和地位,以国内大循环促进更高水平、更深层次的国际分工,推动企业增强内部自主创新能力和吸收外部技术溢出的能力,促进企业生产效率提高和清洁生产技术形成,进而改善能源需求结构和实现生产的低霾转型。

第三,对于中西部地区来说,政府应完善相关人才引入政策、加强基础设施建设并健全制度体系,实现中西部地区劳动密集型和资本密集型产业的清洁生产。此外,应加大中西部地区的投入,合理规划产业布局,减轻内陆地区的经济发展和环境压力,避免中西部地区过多承担污染密集型的生产环节和产业,实现区域经济协调发展。

第四,从外商直接投资的角度来说,我国应全面落实外资准入负面清单制度,避免引入高污染外资,甄别、筛选高质量的环境友好型外资行业进入我国。同时鼓励外商使用先进的污染处理技术并向本土企业扩散,确保经济增长、外资引入和绿色发展的平衡。

第五,交通拥堵是我国严重的雾霾污染形成的重要因素。随着人均收入水平的提升,单纯依靠降低

私家车的人均持有率来治理污染显然难以获得良好的效果。改善公共交通设施、合理规划交通网络并提升公共交通服务,将成为缓解交通压力进而降低雾霾污染的重要举措。

第六,传统制造业显然是造成雾霾污染的罪魁祸首之一。防控雾霾污染要求我们必须推动产业结构合理化和高级化,建立健全支撑制造业发展的生产性服务业和现代金融服务体系。

最后,政府应加大与治理空气污染相关的科研投入和人才培养、推进科技进步,以提升能源使用效率和能源清洁技术水平尤其是煤炭使用的效率和清洁技术水平,这将是治理我国雾霾污染的必由之路。

参考文献

- [1] 马丽梅,张晓.中国雾霾污染的空间效应及经济、能源结构影响.中国工业经济,2014,(4).
- [2] C.Elgin,U.Mazhar.Environmental Regulation,Pollution and the Informal Economy.*The State Bank of Pakistan Research Bulletin*,2013,9(1).
- [3] 东童童,李欣,刘乃全.空间视角下工业集聚对雾霾污染的影响——理论与经验研究.经济管理,2015,(9).
- [4] 程中华,刘军,李廉水.产业结构调整与技术进步对雾霾减排的影响效应研究.中国软科学,2019,(1).
- [5] I. Walter, J. Ugelow. Environmental Policies in Developing Countries. *Ambio*, 1979, 8(23).
- [6] J.M. Dean. Does Trade Liberalization Harm the Environment? A New Test, *CIES Policy Discussion Paper*, 2000.
- [7] 赵忠秀,王苒,闫云凤.贸易隐含碳与污染天堂假说——环境库兹涅茨曲线成因的再解释.国际贸易问题,2013,(7).
- [8] Q.Q. Liu, S.J. Wang, W.Z. Zhang, et al. Does Foreign Direct Investment Affect Environmental Pollution in China's Cities? A Spatial Econometric Perspective.*Science of the Total Environment*, 2018, 47(2).
- [9] M. Mani, D. Wheeler. In Search of Pollution Havens? Dirty Industry in the World Economy, 1960 to 1995.*Journal of Environment and Development*, 1998, (3).
- [10] W. Antweiler, B. R. Copeland, M. S. Taylor. Is Free Trade Good for The Environment. *American Economic Review*, 2001,91(4).
- [11] 许和连,邓玉萍.外商直接投资导致了中国的环境污染吗?——基于中国省际面板数据的空间计量研究.管理世界,2012,(2).
- [12] C.G. Zhang, X.X. Zhou. Does Foreign Direct Investment Lead to Lower CO2 Emissions? Evidence from a Regional Analysis in China. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2016, 58(12).
- [13] J.A. Frankel. The Environment and Globalization, *NBER Working Paper*, 2003.
- [14] N. Zugravu-Soilita. How does Foreign Direct Investment Affect Pollution? Toward a Better Understanding of the Direct and Conditional Effects. *Environmental & Resource Economics*, 2017, 66(5).
- [15] G.M. Grossman, A.B. Krueger. Economic Environment and the Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110(2).
- [16] T. Panayotou. Globalization and Environment, *CID Working Paper*, 2000.
- [17] G. L. Chew. Foreign Direct Investment, Pollution and Economic Growth: Evidence from Malaysia. *Applied Economics*, 2009, 41(13).
- [18] 包群,陈媛媛,宋立刚.外商投资与东道国环境污染:存在倒U型曲线关系吗?世界经济,2010,(1).
- [19] 白俊红,吕晓红.FDI质量与中国环境污染的改善.国际贸易问题,2015,(8).
- [20] Y.H. Meng, X.Y. Ni. Intra-Product Trade and Ordinary Trade on China's Environmental Pollution, *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 133(10).
- [21] 郑国姣,杨来科.东亚地区产业垂直专业化、贸易细分与中国的贸易隐含碳.产经评论,2015,(2).
- [22] 王昆,黎晓.参与垂直专业化分工加剧了我国环境污染吗?环境经济研究,2017,(4).
- [23] 张少军,李东方.生产非一体化与能源利用效率——来自中国行业面板数据的经验研究.中国工业经济,2009,(2).
- [24] A. van Donkelaar, R.V. Martin, M. Brauer, et al. Global Annual PM2.5 Grids from MODIS, MISR and SeaWiFS Aerosol Optical Depth (AOD) with GWR, 1998-2016. 2018.
- [25] 邵朝对,苏丹妮.全球价值链生产率效应的空间溢出.中国工业经济,2017,(4).
- [26] D. Hummels, J. Ishii, K. Yi. The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade. *Journal of International Economics*, 2001, 54(1).

- [27] H.L. Kee, H. Tang. Domestic Value-added in Exports: Theory and Firm Evidence from China. *American Economic Review*, 2016, 106(6).
- [28] 邓玉萍, 许和连. 外商直接投资、集聚外部性与环境污染. 统计研究, 2016, (9).
- [29] D. Acemoglu, G. Gancia, F. Zilibotti. Offshoring and Directed Technical Change. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2015, 7(3).
- [30] J.V. Henderson, A. Storeygard, D.N. Weil. A Bright Idea for Measuring Economic Growth. *American Economic Review*, 2011, 101(3).
- [31] 邵帅, 李欣, 曹建华. 中国的城市化推进与雾霾治理. 经济研究, 2019, (2).
- [32] 邵帅, 李欣, 曹建华等. 中国雾霾污染治理的经济政策选择——基于空间溢出效应的视角. 经济研究, 2016, (9).
- [33] 陆铭, 冯皓. 集聚与减排: 城市规模差距影响工业污染强度的经验研究. 世界经济, 2014, (7).
- [34] 洪占卿, 郭峰. 国际贸易水平、省际贸易潜力和经济波动. 世界经济, 2012, (10).

Can Global Value Chain Embedding Increase Haze Pollution?

A Test from the Perspective of Spatial Spillover

Shi Benye, Ma Xiaoli (Jilin University)

Abstract This paper constructs a theoretical model to account for the impact of global value chain (GVC) embedding on urban haze pollution on the basis of the Copeland-Taylor model, and uses the spatial lag model to conduct an empirical investigation. The results show that haze pollution in China has obvious positive spatial spillover effects and high emission club agglomeration characteristics. There is a significant inverted U-shaped relationship between GVC embedding and haze pollution. Moreover, there is a significant inverted U-shaped relationship in the central and western cities, whereas the eastern region has crossed the inflection point value of inverted U-shaped curve. An active participation in the GVC division of labor can significantly reduce haze pollution for eastern areas. Traffic congestion and traditional manufacturing are still the major factors for heavy haze pollution. Population agglomeration, technological progress and foreign direct investment can inhibit haze pollution effectively. Based on the above conclusions, it is suggested that cities should break down the administrative barriers between each other and establish inter-regional joint prevention and control mechanism so as to strengthen the "local club group" to control haze pollution together. The government should identify and screen high-quality foreign investment into China, promote the optimization of the industrial structure, improve public transport facilities, and increase energy efficiency and energy cleaning technology to effectively control haze pollution in China.

Key words global value chain; ecological civilization; haze pollution; spatial effects

■ 收稿日期 2020-08-11

■ 作者简介 史本叶, 经济学博士, 吉林大学经济学院教授、博士生导师, 吉林大学美国研究所副所长, 吉林省国际经济贸易学会副会长; 吉林 长春 130012;
马晓丽, 吉林大学经济学院博士研究生。

■ 责任编辑 杨 敏