

产业结构调整污染减排空间溢出效应

——基于空间杜宾模型的估计

叶翀¹ 张铃宁²¹

(1. 福州大学 经济与管理学院, 福建 福州 350108;

2. 中共宁德市委党校, 福建 宁德 352100)

【摘要】: 随着我国生态文明建设的全面推进, 污染治理成为学界所讨论的焦点话题。文章利用 2000—2018 年省际层面数据研究了产业结构优化对区域污染排放强度的动态空间效应, 结果表明: 地区产业结构优化将会显著降低本区域的污染排放强度, 相关邻近区域的产业结构优化也会在一定程度上对本区域的污染排放强度产生抑制作用。产业结构优化对污染减排的短期直接效用较为突出, 而长期内产业结构优化的间接效用更为显著。无论是在静态或动态的空间杜宾模型下, 相关邻近区域污染排放的增加将引起本区域污染排放强度的提升。

【关键词】: 产业结构优化 污染减排 动态空间效应 省际面板

【中图分类号】: X5; F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)10-178-06

随着我国生态文明建设的全面推进, 国内区域污染排放治理问题日益成为各界所关注的焦点。在以生态文明建设为主导的治理体系下, 各地区不再单纯以经济发展指标来衡量本地区的发展建设状况, 同时也将环保指标纳入地区综合发展评价体系之内。回顾国内环境保护体系的发展之路, 我国在改革开放初期由于受技术能力和生产力水平限制, 不得不以一定的环境污染和资源消耗为代价来快速发展国内经济, 所以产生许多方面的环境污染问题。而如今, 我国经济在经历多年的中高速稳定增长以后, 人民的生活水平日渐提高, 与此同时生态文明建设的观念也深入人心。各地区政府部门针对自身经济发展状况和生态文明建设目标, 也在逐步完善本地区的环境法规, 因地制宜地对区域内部高污染高能耗产业进行科学治理。

政府部门从国家层面不断出台相应的环保法案来严格治理环境污染问题并鼓励节能减排, 在保证区域内产业布局和经济发

展相协调的基础上逐步实现绿色健康发展。国内学者们的研究表明, 我国绿色产业政策的变化主要经历了三个阶段^[1-2]。第一, 在改革开放初期, 我国集中力量发展工业生产, 对化石能源的需求和消耗巨大, 部分地区环境污染问题十分严峻, 而《环境保护法(试行)》的实施, 有效降低了区域污染的负外部性, 初步实现了节能减排和空间污染治理的发展目标。第二, 在加入世贸组织以后, 由于国内工业化体系迅速扩张、污染进一步加剧, 党的十六大报告提出了“新型工业化道路”的要求, 各地政府多措并举推进绿色产业政策实施, 促进环境污染的空间协同治理; 2005 年《促进产业结构调整暂行规定》的出台, 更加明确了产业结构调整对于空间污染防治的重要意义。第三, 党的十八大以来, 生态文明建设成为全面建成小康社会的重要组成部分, 尤其是《关于加快推进生态文明建设的意见》提出之后, 极大鼓励新型绿色产业的发展, 进一步推进产业结构调整, 从而实现区域经济和空间污染减排协调发展。因此, 有关地区产业结构调整对污染减排的空间效应研究显得尤为重要。

作者简介: 叶翀, 博士, 副教授, 研究方向为区域经济学。E-mail: yechongfzu@163.com

基金项目: 福建省软科学基金项目“跨界融合创新催生新业态的预测研究”(2018R0048)

1 文献综述

国外学者早就对环境污染治理情况进行过具体的讨论,学者们从不同的研究视角着手分析产业结构调整与污染排放的关系。一方面,国外学者从生态效率的框架下研究发现,产业技术水平升级将有效缓解温室气体污染排放的效率问题^[3];另一方面,Antweiler 等^[4]从自由贸易的视角研究发现,贸易往来有助于推进产业密集度的提升和产业结构变化,但产业结构调整对污染减排的作用并不显著。然而,Cole & Elliott^[5]对清洁产业和污染产业的对比研究发现,产业结构的环保化调整可以显著提高排放效率、降低环境污染水平。此外,产业结构调整与污染排放的关系还受到经济增长水平、环境生态效率、能源利用率等因素的影响。从 Grossman & Krueger^[6]提出环境库兹涅茨曲线以来,学者们针对不同国家的发展状况和环境污染问题展开了深入的研究。Jalil & Mahmud^[7]利用中国的二氧化碳排放数据检验了中国环境库兹涅茨曲线的存在,为国内学者的污染排放治理研究提供了相关参考依据,Song 等^[8]的相关研究也从侧面印证上述结论。

国内学者的研究也证实了地区经济结构调整对污染排放会产生显著影响^[9]。此外,地区污染排放的强度还受到工业空间集聚效应的影响^[10]。工业集聚虽然短期内促进地区经济增长,促进产业规模和市场扩大,但与此同时所带来的污染排放也不能忽视。对于污染排放的治理可以从多种渠道进行,例如制定环保法规、使用征收排污费用等一些行政性手段^[11],以及从产业结构调整层面来治理污染排放。部分学者从城市废气污染排放与经济发展的视角入手,研究发现我国城市层面的污染排放强度与经济增长存在非线性的关系。区域人口的密集也会加重污染排放水平^[12],由于人均需求的增加对制造业的占比要求上升,从而引起空间污染排放的问题加剧。

综上所述,国内外学者针对产业结构调整与污染排放的问题进行了一系列的研究,但是结果尚有争议。虽然不同学者从国家层面或地区层面的诸多视角,讨论了产业结构调整与污染排放的内在机制以及污染排放的各种制约因素,但是对产业结构优化的空间效应研究依然较为匮乏,尤其是产业结构优化对区域污染排放强度的动态空间效应研究十分薄弱。所以,本文基于国内省际层面数据,深入揭示产业结构优化对区域污染排放强度的动态空间效应影响,进而为我国的区域污染排放治理问题提供相关参考。

2 理论机制与研究假设

地区产业结构的调整主要包括结构升级和效率升级。首先,结构升级意味着产业结构系统从低级向高级变迁,同时第三产业在地区产业系统中的比重逐步增加。从生产投入的角度考虑,产业结构升级可以推动部分产业链条优化,使得化石燃料消耗占比降低,进而促进排污强度的下降^[13]。其次,效率升级不仅表现为产业技术水平由低技术向高技术转换,而且地区产业结构优化还使得生产率大幅提升^[14]。从产出视角来看,地区产业结构调整不仅提高上下游产业整体的效益,而且降低区域内部的能源消耗强度^[15],这也从某种程度上抑制了地区污染排放^[16]。最后,从产业结构调整时期效应来考虑,区域产业结构的短期变动在一定程度上会恶化环境污染问题^[17],但是长期的结构优化会显著改善地区的排污状况^[18],即产业调整的长期效应将促进节能减排效率的提升^[19]。李璇^[20]的研究也得出上述结论,通过产业结构优化的滞后效应可以显著抑制地区污染排放强度。目前,随着区域经济一体化的稳步推进,区域产业协同发展的不断深化,区域污染治理效果明显提升^[21]。综上,提出假设 1:

假设 1:产业结构调整有助于促进地区污染减排。

关于污染减排的治理不应局限于某个地区,而是要关注其相应的空间关联特性,利用产业结构调整的空间溢出效应进行高效治理。当本地区 and 邻近地区产业结构出现过多重叠时,不仅在生产投入方面表现为要素需求的高度趋同,这将会造成邻近空间区域间生产资料的严重消耗,而且在产出方面由于同行业内部的过度竞争,使得产业收益率和产出效率不断下降,从而将引起空间污染排放强度的加剧。以京津冀地区产业排污强度为例,产业结构不合理是地区污染排放低效率的一个重要原因^[22]。而产业结构调整的空间溢出效应可以有效调节本地区及邻近地区的要素投入和产出结构,保证邻近空间区域之间产业结构配置合理,同时减少资源浪费和避免产业内部过度竞争,促进邻近空间区域的污染治理。此外,产业结构调整的空间溢出效应还影响

着邻近区域间的能源结构和利用效率^[23]，推动区域间产业部门联动升级，这也是改善区域间环境污染的重要动力。综上，提出假设 2：

假设 2：产业结构调整的空间溢出效应将显著降低邻近区域的污染排放强度。

3 实证设计

3.1 空间计量模型设定

随着人们越发关注经济行为中的互动效应和区域联系，通常假设各省之间经济变量相互独立的假设已不再满足研究区域要素流动对区域经济发展的要求，共识告诉我们各省经济有着广泛的联系，而且距离越近的省份联系越密切。空间计量模型则充分考虑了空间依赖性和空间异质性两个维度，空间依赖性描述位置相近的区域具有相似的变量取值，空间异质性则是说明经济实践中的空间观察单元之间的依赖关系存在普遍不确定性。因此，本文采用空间计量模型并设定如下：

$$y_{it} = \tau y_{i,t-1} + \rho W y_{it} + x_{it} \beta + W x_{it} \theta + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{it} = \delta W \varepsilon_{it} + \phi_{it} \quad (2)$$

式中： y_{it} 表示本文的被解释变量，借鉴已有文献对污染排放强度指标的衡量，本文分别采用工业废水排放量与工业总产值的比重(water)和工业二氧化硫排放量与工业总产值的比重(gas)来衡量。 τ 为空间动态回归系数， W 为 30×30 的空间权重矩阵， ρ 为空间自回归系数， β 为解释变量回归系数向量， θ 为解释变量空间回归系数向量， δ 为空间误差回归系数向量， μ_i 表示个体效应， γ_t 表示时间效应， ϕ_{it} 为服从独立同分布的随机干扰项， i 表示省份， t 表示年份。

3.2 空间权重矩阵的选取

空间权重矩阵是一种与被解释变量的空间自回归过程相联系的矩阵。在实际的区域分析中，该矩阵的选择设定是外生的，原因是 $n \times n$ 维的 W 包含了关于区域 i 和区域 j 之间相关的空间连接的外生信息，不需要通过模型来估计得到它，只需通过权重计算即可得到。本文选取两种方式来计算空间权重矩阵：一是邻接型矩阵(W_1)，表示两个区域实际的地理关系，相邻为 1，不相邻为 0，并通过除以相邻省份的个数得到标准化矩阵。二是距离型矩阵(W_2)，利用不同省会间地理距离的倒数表示，距离越大，其权重就会越小。

3.3 指标选取

式(1)中， x_{it} 表示解释变量的行向量，其中核心解释变量产业结构优化分别采用产业结构高级化(ais)和产业结构高效化(eis)来衡量。通过参照龙海明等^[24]对产业结构高级化和产业结构高效化的定义与测度方法，本文将产业结构高级化(ais)以各区域(西藏、港澳台除外)第三产业与第二产业增加值之比加以衡量，第三产业占比越高，产业结构越趋于高级化；产业结构高效化(eis)以各区域的 GDP 与地区社会固定资产投资额的比值衡量，用于衡量每一单位的投入带来的产出，即从效率角度进行考量。

同时，考虑到影响企业污染排放强度的区域因素以及已有文献对控制变量的相关界定^[20, 25]，本文控制变量选取如下指标：技术转换率(tech)，以 i 省份 t 期技术市场的成交额与地区工业总产值的比值衡量；外商直接投资份额(fdi)，以 i 省份 t 期外商直接投资与地区生产总值的比值表示；开放强度(open)，以 i 省份 t 期进出口额与地区生产总值的比值表示；治理投资(govern)，以 i 省份 t 期工业污染治理完成投资额与地区工业总产值的比值衡量；政府环境支出(enviro)，以 i 省份 t 期政府环保支出与环境支出的比值衡量；城镇化水平(urban)，以 i 省份 t 期城镇化率表示。

3.4 数据来源与描述性统计

本文主要采用 2000—2018 年中国 30 个省份(西藏、港澳台地区除外)的面板数据进行实证分析，数据主要来自各相关年份《中国工业统计年鉴》《中国环境年鉴》《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》以及各省份统计年鉴等。变量描述性统计如表 1 所示。

表 1 变量描述性统计

变量	观测值	均值	方差	最小值	最大值
water	570	11.402	15.205	0.583	120.192
gas	570	1.315	1.933	0.023	14.672
ais	570	0.985	0.508	0.494	4.348
eis	570	1.352	0.545	0.634	4.416
tech	570	0.012	0.032	0.001	0.348
fdi	570	0.035	0.041	0.002	0.176
open	570	0.140	0.222	0.001	0.810
govern	570	0.009	0.012	0.002	0.017
environ	570	0.042	0.025	0.009	0.150
urban	570	0.510	0.146	0.254	0.896

4 实证分析

4.1 空间相关性检验与模型选择

将空间相关性考虑进来以后，在建立模型进行分析研究之前，必须先进行空间相关性的预检验，如果空间效应在发挥作用，则需要将空间效应纳入模型分析框架之中。通常以 Moran’ sI 指数考量是否存在空间相关性，确定使用空间计量方法的合理性。Moran’ sI 指数取值一般介于-1~1，大于 0 表示正相关，小于 0 表示负相关。从表 2 的检验结果不难发现，中国省域污染排放强度的 Moran’ sI 指数均为正且均通过 5%的显著性水平检验，表明省域的污染排放强度并非随机分布，而是存在着高度联系的正向空间相关性，表明采用空间计量回归方法的合理性。

表 2 Moran’ sI 指数检验结果

年份	基于 W_1 测算		基于 W_2 测算	
	废水	废气	废水	废气
2000	0.453***	0.300***	0.259***	0.183**

2001	0.449***	0.295***	0.249***	0.193**
2002	0.410***	0.324***	0.235***	0.196**
2003	0.381***	0.346***	0.229***	0.211***
2004	0.350***	0.352***	0.205***	0.249***
2005	0.358***	0.416***	0.220***	0.205***
2006	0.355***	0.362***	0.229***	0.207***
2007	0.326***	0.372***	0.234***	0.245***
2008	0.360***	0.421***	0.247***	0.232***
2009	0.344***	0.473***	0.243***	0.289***
2010	0.368***	0.472***	0.254***	0.300***
2011	0.361***	0.354***	0.267***	0.235***
2012	0.386***	0.351***	0.268***	0.230***
2013	0.246**	0.363***	0.213***	0.238***
2014	0.328***	0.355***	0.231***	0.233***
2015	0.318***	0.398***	0.218***	0.261***
2016	0.324***	0.299***	0.225***	0.215***
2017	0.321***	0.358***	0.222***	0.245***
2018	0.323***	0.332***	0.223***	0.232***

考虑到省域之间污染排放强度之间的交互影响，以及更重要的其他省域的产业结构优化是否会对本省的污染排放强度造成影响，同时也需关注没有考虑到的解释变量是否具有空间影响的能力，因此，表 3 通过检验空间杜宾模型 (SDM) 与空间误差模型 (SEM) 和空间滞后模型 (SAR) 发现，LR 检验和 Wald 检验的结果均在 1% 的水平下均拒绝了原假设，说明应选择空间杜宾模型。此外，考虑随机效应和固定效应的 Hausman 检验结果，说明应采用固定效应模型。综上分析，本文拟采用双固定效应空间面板杜宾模型进行空间计量分析。

表 3 不同空间权重矩阵下空间面板模型的选择检验

基于不同空间权重矩阵检验		废水		废气	
		SAR/SDM	SEM/SDM	SAR/SDM	SEM/SDM
基于 W_1 测算	LR 检验	28.53***	31.25***	23.12***	28.12***
	Wald 检验	37.31***	38.37***	33.52***	36.21***

	Hausman 检验	47.15***		51.21***	
基于 W_2 测算	LR 检验	19.31***	17.25***	23.74***	26.32***
	Wald 检验	22.35***	24.33***	22.33***	26.35***
	Hausman 检验	35.42***		37.55***	

4.2 空间杜宾模型考虑静态动态回归结果分析

首先, 利用地理邻接型空间权重矩阵分别在静态和动态空间杜宾模型中进行估计。从表 4 回归结果中不难发现: 本省产业结构高级化(ais)不管是在动态还是在静态模型中, 对废水和废气的排放强度都产生了显著的抑制作用。随着第三产业在国民经济中占比的提升, 污染排放比例较大的第二产业逐渐转型或改进, 致使整体的污染排放强度下降。值得一提的是, 其他省份的产业结构高级化不论是在动态或静态的工业废水、废气模型中, 都显著抑制了本省污染排放强度, 可能的原因是随着中国经济的大踏步前进, 不仅在国际合作, 在省域之间的经济要素流动也愈发明显, 比如民工潮、大学生潮等人口流动, 带来的是受邻近省份的技术或创新的刺激, 而使本区域在承接一部分优势红利的前提下, 对治污减排进行了自我激励。

表 4 基于地理邻接型空间权重矩阵 W_1 的静态和动态空间杜宾模型估计

变量	基于 W_1 测算			
	废水		废气	
	静态	动态	静态	动态
L1	—	0.647***	—	0.763***
ais	-0.030*	-0.004*	-0.554***	-0.023*
tech	-0.088	-0.011	-2.365	1.045
fdi	0.021***	0.003*	0.149***	0.029*
open	0.097	0.057	-0.263	-0.056
govern	-4.099*	-0.238	-1.630***	-2.651***
environ	0.567	0.098	3.491***	4.938**
urban	-0.261	-0.150	-2.402	-0.968
$W \cdot ais$	-0.001*	-0.085***	-0.584*	-0.747***
$W \cdot tech$	0.077	-0.657	3.517	9.479***
$W \cdot fdi$	0.036***	0.014***	0.265***	0.039*
$W \cdot open$	-0.364***	0.004	1.213	-0.035
$W \cdot govern$	-5.915**	-10.670**	-8.936	-8.012***

W • environ	0.122	-0.258	-6.474***	-5.284**
W • urban	-0.820***	-0.438**	-0.968	-2.573**
ρ	0.722***	0.186***	0.378***	0.152***
R^2	0.519	0.935	0.616	0.924

其次，本文不仅考察本省产业结构优化和其他省份产业结构优化对本省污染排放强度的影响，同时也关注本省污染排放强度是否受其他省份污染排放强度的影响。表4的回归结果显示，空间滞后参数 ρ 在不同模型中都通过了1%的显著性检验。在静态的模型估计中，其他省份污染排放强度每增长1%，本省的废水排放强度会提高0.722%、废气排放强度会提高0.378%。而在动态的模型估计中，这一比例有所下降，分别为0.186%和0.152%，皆为促进作用。说明不管是在静态还是在动态的空间杜宾模型下，相关邻近区域污染排放的增加也将引起本区域污染排放强度上升。从原因上不难理解：一方面，相邻省份的污染排放会随着河流、空气等自然流动要素的迁移而影响本地区；另一方面，邻近省份的污染排放增加，可以间接说明污染防治的整体环境偏弱，产生一种“负外部效应”导致本省的污染排放强度也随之增加。

最后，从表4解释变量的分析不难看出，外商投资从本省或其他省份通过空间效应都显著促进了本省的污染排放强度，这有效证明了区域间“排污空间效应”的存在，即经济发展水平较强的地区，会把高能耗高污染产业迁至经济发展水平薄弱地区的一种经济现象。同时观察不同模型 R^2 发现，动态空间杜宾模型估计结果显著高于静态模型。用滞后一期的废水排放比例和废气排放比例作为解释变量，其系数为正且都通过了1%的显著性检验，说明本省的污染排放强度在很大程度上受往期污染排放强度的影响，其中的原因不难理解，环境污染在过去无效治理的情况下，在相当长的时间内是一个“不可逆”的过程，所谓“积重难返”就是同义表述。

为了验证结果的稳健性，表5回归结果进一步考虑地理距离型空间权重矩阵下对静态和动态空间杜宾模型的估计。空间滞后参数 ρ 在不同模型中都通过了1%的显著性检验，这说明无论是在静态还是在动态空间杜宾模型下，其他省份的污染排放强度都会影响本省的污染排放，这一结果与前文的研究结论保持一致。同样，在地理距离型空间权重矩阵的估计模型中，本省和其他省份产业结构高级化，不管是在动态还是在静态模型中，依然对废水和废气的排放强度产生了强烈的抑制作用。

表5 基于地理距离型空间权重矩阵 W_2 的静态和动态空间杜宾模型估计

变量	基于 W_2 测算			
	废水		废气	
	静态	动态	静态	动态
L1	—	0.678***	—	0.766***
ais	-0.009*	-0.007*	-0.345*	-0.119*
tech	-0.205	-0.002	-0.551	1.522
fdi	-0.017***	-0.003	-0.116***	-0.025**
open	-0.037	0.026	0.285	0.181

govern	-7.969**	-1.232	-5.112***	-7.217***
environ	-1.048**	0.106	4.682***	-3.691*
urban	-0.087	-0.173	-4.060	-0.494
W • ais	-0.002*	-0.069***	-0.252*	-0.620***
W • tech	-1.407**	-0.802**	2.370	-9.077***
W • fdi	0.032***	-0.008**	0.242***	-0.017
W • open	-0.181	0.059	1.155	0.468
W • govern	9.837	-13.503***	8.385	-6.597**
W • environ	-0.059	-0.245	-2.594***	-8.795***
W • urban	-0.214	-0.373	2.652	-5.485***
ρ	0.733***	0.179***	0.403***	0.314***
R^2	0.470	0.941	0.637	0.888

4.3 空间杜宾模型的效应分解

当被解释变量空间滞后项系数显著不为 0 时，采用空间杜宾模型系数度量其经济增长的溢出效应会存在系统性偏差，所以在回归分析时，如果解释变量空间滞后项系数显著不为 0，则要对其进行空间效应分解，再做进一步研究。故表 6 进一步对动态空间杜宾模型中的长短期直接效应和间接效应做出估计。研究发现：虽然本文核心研究的产业结构优化在长短期的直接效应和间接效应下的估计系数的显著性有所变化，但在方向上始终保持抑制作用。上文提出的观点依旧可以被证明，即产业结构优化对区域污染排放强度存在显著的抑制影响。在短期内，产业结构高级化(ais)的直接效应较为突出，而长期内，产业结构高级化(ais)的间接效用更为显著。

表 6 不同空间权重矩阵下动态空间杜宾模型分解结果

效应		变量废水	基于 W_1 测算		基于 W_2 测算	
			废气	废水	废气	
短期	直接	ais	-0.102***	-0.843***	-0.086***	-0.908***
		tech	-0.021	1.509	-0.007	2.197**
		fdi	-0.002	-0.028*	-0.003	-0.025**
		open	0.057	-0.055	0.029	0.215
		govern	-0.623	8.695***	0.922	8.006***
		environ	0.086	4.747**	0.096	3.207

长期	间接	urban	0.130	1.057	0.161	-0.199
		ais	-0.001*	-0.053	-0.009*	-0.161*
		tech	-0.787	10.964***	-0.957**	13.391***
		fdi	-0.017***	0.039	-0.010**	-0.013
		open	0.024	-0.018	0.088	0.810
		govern	-12.948***	10.478***	-16.130***	12.000***
		environ	-0.282	-5.144*	-0.255	-1.666**
		urban	-0.488**	3.073**	-0.402	7.463***
	直接	ais	-0.027	-0.905*	-0.051*	-0.243*
		tech	-0.282	1.718**	-0.264	1.542
		fdi	0.001	-0.104*	-0.012*	-0.086
		open	0.179	-0.289	0.118	3.291
		govern	-5.631	4.311***	-1.160	4.453
		environ	0.170	1.293**	0.239	1.583
		urban	0.250	7.408	0.426	5.052
	间接	ais	-0.486*	-0.938*	-0.524*	-1.402*
		tech	-3.709	1.075	-5.544*	-9.950
		fdi	-0.078**	0.210	-0.069	0.588
		open	0.228	-0.671	0.611	-0.883
		govern	-6.441**	6.603	-9.285	-1.271
		environ	-1.259	-2.264	-1.381	-2.373
		urban	-2.053**	-3.663	-1.844	-4.631

4.4 替换产业结构优化指标的拓展检验

从前文可以看出，区域污染排放强度的变化不仅受到空间滞后效应和时间滞后效应的影响，同时还受到本省和外省产业结构优化的影响。本文进一步更换产业结构优化指标的测度方法，以产业结构高效化(eis)即各省份 GDP 与地区社会固定资产投资额的比值来衡量。表 7 利用距离型空间权重矩阵的动态空间杜宾模型对产业结构高效化(eis)的减排效应进行估计。表 8 进一步汇报产业结构高效化(eis)的杜宾模型分解效应。结果显示：产业结构高效化显著抑制本地区的污染排放强度，相关邻近区域的产业结构高效化对本地区污染排放强度也产生显著的抑制作用，与前文结论保持一致。进一步稳健地说明了产业结构在本省和邻近省份的优化升级都会显著抑制本地区的污染排放强度，这也表现出典型的“正外部性”特征。

表 7 产业结构高效化：基于地理距离型空间权重矩阵 W_2 的动态空间杜宾模型估计结果

变量	基于 W_2 测算	
	废水	废气
L1	0.667***	0.956***
eis	-0.002*	-0.281***
tech	0.051	18.159***
fdi	-0.003	-0.087***
open	0.018	4.126***
govern	-1.515	-1.047***
environ	0.169	43.700***
urban	0.098	18.606***
$W \cdot eis$	-0.007*	-2.788***
$W \cdot tech$	-0.143	32.275***
$W \cdot fdi$	-0.007**	-0.074***
$W \cdot open$	0.008	-3.551***
$W \cdot govern$	-15.190***	-1.720***
$W \cdot environ$	-0.106	-1.674***
$W \cdot urban$	-0.145	-29.750***
ρ	0.179***	0.899***
R^2	0.945	0.820

表 8 产业结构高效化：基于地理距离型空间权重矩阵 W_2 的动态空间杜宾模型分解

效应		变量废水	基于 W_2 测算	
			废气	
短期	直接	eis	-0.009*	-0.388***
		tech	0.067	13.953***
		fdi	-0.003	-0.049***

		open	0.018	2.334***	
		govern	-1.167	-1.864***	
		environ	0.162	16.076**	
		urban	0.091	9.475***	
	间接	eis	-0.002*	-0.130***	
		tech	-0.150	-5.386***	
		fdi	-0.009**	-0.047***	
		open	0.024	-2.228***	
		govern	-18.170***	-0.967***	
		environ	-0.071	-34.193***	
		urban	-0.137	-11.357***	
	长期	直接	eis	-0.006	-0.561**
			tech	0.191	-72.073***
fdi			-0.012*	-0.398***	
open			0.066	-18.901***	
govern			-0.738	-2.041***	
environ			0.485	-2.668***	
urban			0.256	-8.505***	
间接		eis	-0.034*	-1.181***	
		tech	-0.375	82.321***	
		fdi	-0.066	0.401***	
		open	0.231	19.033***	
		govern	-1.118	-2.979***	
		environ	-0.151	2.109***	
		urban	-0.471	86.285***	

5 结论与启示

本文利用 2000—2018 年省际层面数据研究了产业结构优化对区域污染排放强度的动态空间效应。空间相关性检验发现，中

国省域污染排放强度的 Moran' sI 指数均为正且均通过 5%的显著性水平,即省域的污染排放强度并非随机分布,而是存在着高度联系的正向空间相关性。在此基础上,本文选取固定效应空间面板杜宾模型进行更为细化的空间计量研究,结果表明:(1)各地区产业结构优化将会显著降低本区域的污染排放强度,相关邻近区域的产业结构优化也会在一定程度上促进本区域排污强度的改善。(2)空间杜宾模型的效应分解显示,短期内产业结构优化对污染减排的直接效应较为突出,而长期内产业结构优化的间接效应更为显著。(3)无论是在静态还是在动态的空间杜宾模型下,相关邻近区域污染排放的增加也将引起本区域污染排放强度的提升,从而不利于本区域污染减排治理。

本文的研究启示如下:第一,国内各个地区要充分重视本地以及相关邻近区域的产业结构优化升级,加快推进区域产业协作发展新布局,利用产业结构优化升级对区域污染排放强度的空间抑制效应,对本区域和邻近区域的环境污染问题进行联合防控。第二,要认识到地区产业结构升级的长短期效应,在不同时期实施相应的政策措施,对于污染排放较为突出的产业要在短期内进行快速治理,对于污染排放较低的产业则可以通过长期的产业结构改革调整进行逐步优化。第三,由于一个地区的过度污染问题也将引发其邻近区域污染排放强度的提升,所以当今形势下的污染减排治理不仅仅是针对区域内部进行,还要注重区域之间的合作共赢,群力群策共同实现地区经济发展和生态文明建设的美好目标。第四,眼光长远,根据自身区位优势,在控制污染排放总体向好的前提下,发展优势产业、绿色循环产业,不同区域之间进行优势融合,形成集聚效应,发挥规模效益。第五,逐步淘汰落后高污染产能,向服务业高端制造业转型,通过产业转型从根本上减轻污染排放强度。

参考文献:

- [1]李晓萍,张亿军,江飞涛.绿色产业政策:理论演进与中国实践[J].财经研究,2019(8):4-27.
- [2]史丹.绿色发展与全球工业化的新阶段:中国的进展与比较[J].中国工业经济,2018(10):5-18.
- [3]Picazo-Tadeo A J, Castillo-Giménez J, Beltrán-Esteve M. An intertemporal approach to measuring environmental performance with directional distance functions: Greenhouse gas emissions in The European Union[J]. Ecological Economics, 2014, 100: 173-182.
- [4]Antweiler W, Copeland B R, Taylor M S. Is free trade good for the environment[J]. American Economic Review, 2001, 91(4): 877-908.
- [5]Cole M A, Elliott R J. Determining The trade-environment composition effect: The role of capital, labor and environment regulations[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 46(3): 363-383.
- [6]Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995(11): 353-377.
- [7]Jalil A, Mahmud S F. Environment Kuznets curve for CO2 emissions: A cointegration analysis for China[J]. Energy Policy, 2009, 37(12): 5167-5172.
- [8]Song T, Zheng T G, Tong L J. An empirical test of the environmental Kuznets curve in China: A panel cointegration approach[J]. China Economic Review, 2008, 19(3): 381-392.
- [9]张昭利,任荣明,朱晓明.我国环境库兹涅兹曲线的再检验[J].当代经济科学,2012(5):23-30,124.

-
- [10] 王晓硕, 宇超逸. 空间集聚对中国工业污染排放强度的影响[J]. 中国环境科学, 2017(4): 1562-1570.
- [11] 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[J]. 世界经济, 2014(7): 86-114.
- [12] 彭丽思, 孙涵, 聂飞飞. 中国大气污染时空格局演变及影响因素研究[J]. 环境经济研究, 2017(1): 42-56.
- [13] 李世奇, 朱平芳. 产业结构调整与能源消费变动对大气污染的影响——基于上海投入产出表的实证分析[J]. 上海经济研究, 2017(6): 82-89.
- [14] 于斌斌. 产业结构调整与生产率提升的经济增长效应——基于中国城市动态空间面板模型的分析[J]. 中国工业经济, 2015(12): 83-98.
- [15] 张勇, 蒲勇健. 产业结构变迁及其对能源强度的影响[J]. 产业经济研究, 2015(2): 15-22, 67.
- [16] 齐园, 张永安. 产业结构演变与工业二氧化硫排放的关系——以京津冀为例[J]. 城市问题, 2015(6): 54-62.
- [17] 杨浩, 张灵. 京津冀地区产业结构演进及城市化进程对空气质量影响的实证研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2018(6): 111-119.
- [18] 文扬, 马中, 吴语晗, 等. 京津冀及周边地区工业大气污染排放因素分解——基于 LMDI 模型分析[J]. 中国环境科学, 2018(12): 4730-4736.
- [19] 曹慧丰, 毕巍强, 曾诗鸿. 产业结构调整的大气污染治理效应——以河北省为例[J]. 管理世界, 2015(12): 182-183.
- [20] 李璇. 中国省域工业排污强度变化及影响因素分析[J]. 统计与决策, 2017(19): 132-135.
- [21] 刘亚清, 马艺翔, 吴振信. 京津冀地区产业结构升级对大气污染的影响[J]. 城市问题, 2017(12): 65-71.
- [22] 李云燕, 殷晨曦. 绿色发展背景下的京津冀大中型城市产业转型模式研究[J]. 环境保护, 2017(4): 33-39.
- [23] 马晓微, 石秀庆, 王颖慧, 等. 中国产业结构变化对能源强度的影响[J]. 资源科学, 2017(12): 2299-2309.
- [24] 龙海明, 姜辉, 蒋鑫. 金融发展影响产业结构优化的空间效应研究[J]. 湖南大学学报(社会科学版), 2020(2): 42-48.
- [25] 韩颖, 张珊. 中国省际农业用水效率影响因素分析——基于静态与动态空间面板模型[J]. 生态经济, 2020(3): 124-131.