

特大城市群污染密集型产业转移与决定因素

——以京津冀为例

段娟 文余源

[提要] 转移污染密集型产业和优化产业结构与空间布局是我国特大城市群发展战略的重要内容。本文利用2003—2013年工业企业数据库,分析了十年间来京津冀特大城市群污染密集型产业的分布和时空演进特征,采用空间面板数据模型对其污染密集型产业的空间分布决定因素进行了探讨。发现:污染密集型产业呈缓慢向域外转移趋势,京津冀地区聚集在京津唐石的大格局未变,但相对次序有所变化,总体向沿海和冀中南地区集聚;环境规制和要素禀赋都对污染密集型产业分布转移有显著影响,其中技术和劳动力成本都是影响污染密集型产业区位选择的重要因素;环境规制影响相对较弱;最后,空间交互的直接效应和间接效应以及反馈效应对污染产业时空演进也都有显著作用。结论启示,京津冀地区应加快产业结构调整升级和技术创新,加强政府的环境监控等措施来促进污染密集型产业的空间优化布局,为京津冀建设世界级城市群和雄安新区建设奠定良好产业基础。

[关键词] 空间经济学; 污染密集型产业; 时空演进; 京津冀城市群; 产业结构调整

中图分类号: F207

文献标识码: A

文章编号: 1004—3926(2018)02—0127—10

基金项目: 国家自然科学基金“基于流空间的中国巨型城市区网络体系研究”(71773133)、国家自然科学基金“新型城镇化背景下FDI区位迁移与我国城市群发展响应”(71573267)、中央在京高校重大成果转化项目“京津冀协同一体化发展研究”专项资助阶段性成果。

作者简介: 段娟,中国社会科学院当代中国研究所副研究员,美国北卡罗来纳大学夏洛特分校访问学者,研究方向:区域与城市发展;文余源,中国人民大学经济学院副教授,美国伊利诺伊大学香槟分校访问学者,研究方向:区域与城市经济。北京 100009

特大城市群是国家发展战略核心区和新型城镇化主体区,^[1]我国目前已形成京津冀、长三角、珠三角、长江中游和成渝等五个特大城市群,但它们在发展过程中面临着日益严重的资源环境压力。^[2]如何协调城镇化与资源环境关系是目前学界和决策部门普遍关注的难点问题,其中污染密集型产业的转移是热点议题。改革开放尤其是新世纪以来,伴随工业化、城市化的快速发展,我国特大城市群产业结构和空间分布格局不断演进,^[3]污染密集型产业(下称污染产业)也发生了显著迁移变动。作为中国特大城市群之一,京津冀城市群因首都因素和空气质量问题,其产业转型升级与生态环境保护备受瞩目并具有代表性。随着京津冀建设世界级城市群目标的提出和协同发展战略的出台,其产业空间结构重塑中污染产业的转移成为焦点。本文拟以京津冀城市群为例来研究特大城市群的污染产业转移及其决定因素。

伴随各地环境规制的提高,污染产业在国内开始了地域转移,主要表现为从发达区域转向欠发达区域(沈静等,2012;^[4]仇方道等,2013;^[5]周游,2015^[6])。在全球化生产和自由贸易使得污染产业国际、区际转移成为可能的条件下,污染产业有动力向环境规制较低地区转移,此即著名的“污染天堂”假说(Pollution Heaven Hypothesis,PHH)因素作用。污染产业多为要素(资本、劳动、技术、资源)密集型产业,^{[6][7]}因此,有些污染产业会布局在资源富集区以节约原材料成本,有些布局在工资水平低的地区以节约劳动成本,有些则是资本、技术指向,选址在易于融资和技术水平较高的地区。随着经济全球化的深入,对外开放因素如引进外资、对外贸易等也可能影响污染产业的区位,这时临海布局无疑是个不错的选择。此外,区域间的竞争、合作等空间交互作用也会对污染产业的分布产生影响。^[8]京津冀地区作为建设世界级城市群、京津冀协同发展和雄安新区等国家重大

战略的载体,其环境问题备受关注,与之密切相关的污染产业分布迁移更是聚焦点。本文试图利用微观企业数据研究该地区污染产业的时空演进特征及其影响因素,揭示其发展演化动力机制,并讨论其对转型期京津冀地区制定产业转移政策的启示。

一、文献回顾

推动绿色发展、创新发展以形成保护环境、提高生态文明水平的产业结构、空间布局是我国新时期贯彻“五大发展理念”的重要内容和重大战略。随着全球化的加深,污染产业跨国跨区转移已成为常态,研究污染产业时空转移和分布特征,探索生态环境保护和产业合理布局的关系与路径,是当前我国各地永续发展的热点之一。^[5]有关污染产业转移的国际研究始于1980年代,随着欧美日等发达国家的环境准入门槛的提高,污染产业不断从这些国家转向发展中国家和地区,^{[4][9][10][P.89-104][11][P.1-24]}而发展中国家和地区污染密集型产品份额的不断扩大引发了广为流行的“污染天堂”假说的提出^{[12][13][14][P.67-86]},之后又出现了“资源禀赋假说”、“环境竟次假说”和“波特假说”等有关污染产业转移学说,这些学说基本涵盖了污染产业转移的理论机制和相关影响因素。

污染天堂假说(PHH)认为,环境规制较宽松的地区更有优势发展污染产业,市场机制会引导污染产业向这些地区专业化集聚。不少研究认为,发达地区日趋从严的环境规制会给企业带来矫正环境负外部性的额外费用,会推动污染产业向落后地区转移,从而支持了该假说。^{[15][16][17]}但也有研究认为污染天堂假说并不成立,例如Staf-ford认为环境规制并非污染产业空间区位迁移的影响因素,^[18]Buses认为没有证据表明环境管制的严格程度与污染产业跨国转移相关,^[19]周沂等也认为由于污染产业依赖技术、资源等要素,环境规制可能并非促使其转移的重要力量。^[6]

资源禀赋假说(Factor Endowment Hypothesis, FEH)认为,产业比较优势源于要素禀赋差异,不同要素禀赋地区会聚集充分利用其禀赋优势的产业,比如资本充裕地区发展资本密集型产业,资源富集地区发展资源密集型产业,劳动力丰富地区聚集劳动密集型产业。污染产业的多样性使得有些污染产业会选择资本密集地区(如化工业),有些选择资源富集地(如陶瓷),有些则更青睐劳动力丰富且廉价的地区(如纺织印染、皮革鞣制)。Kim发现美国各州资源禀赋对其特定产业就业规模有很好的解释力,^[20]一定程度上验证了资源禀

赋假说的正确性。此外,在全球化贸易不断发展条件下,优越的地理区位禀赋和交通条件对产业的吸引力不断增大,也会使得污染产业临海布局,以便利地获得国际资源和进出海外市场,可见良好的交通、港口区位一定程度可替代或弱化对传统资源的依赖,^[6]并可通过对外开放因素(如利用外资、对外贸易)来间接测度或反映其程度。

环境竟次假说(Race-to-the-Bottom Hypothesis, RBH)认为,每个地区因担心其他地区采取比本地更低的环境标准而使自身失去竞争优势,进而竞相采取比其他地区次优的环境政策以获得相对产业优势。^[21]该假说虽然逻辑看似正确,但遭到一些学者的批驳,如Wheeler指出,吸引了大多数投资的巴西、墨西哥和中国等国的污染水平是下降的,认为该假说存在缺陷并加以反对。^[22]Eliste和Fredriksson研究出口竞争国家贸易自由化和贸易政策对环境规制标准影响时,在农业部门没有发现支持上述假说的充分证据。^[23]该假说虽然与现实相悖,但揭示了由于污染空间溢出使得环境规制严格的地区无法获得其规制全部利益的特征。^[8]

波特假说(Porter Hypothesis, PH)认为,适当的环境规制可以推动污染企业通过优化资源配置和技术创新来提高其生产效率和产业竞争力。^[24]Lanoie等也认为,环境规制对产业竞争力的影响是短期的,中长期有利于生产效率和竞争力的提升。^[25]根据波特假说,那些有实力的污染产业会固守环境规制日益严格的地区而不发生转移,并通过创新和技术改进来适应环境规制的要求。例如Yang等利用1997-2003年的产业层面面板数据,发现更严格的环保力度引发了更多创新,而污染产业区位变化不大。^[26]而Berman等也发现,尽管洛杉矶严格的大气环保标准会带来高昂的成本,但坐落在该市的炼油厂并未搬迁,并相比美国其他炼油厂有更高的生产效率。^[27]

上述假说从不同视角对污染产业转移进行了揭示,但没有一种假说能够解释所有污染产业地理分布和时空演进的所有现象。事实上,这些理论假说各有道理,都能从某些侧面对污染产业的空间格局进行一定程度的解释,但也各有自身的适用条件和局限。以获得高度评价的波特假说为例,该假说适用于那些资本、技术雄厚的企业,这些企业具有通过创新来适应高环保标准的能力,因而无需迁移,但对那些技术水平低下、资本无力投入创新的污染企业而言,迁移显然是更好的选择。其他假说也有类似的情形。因此,针对具体地区而言,事先预定某种假说来解释污染产业的

分布变化并不可取,可行的方法是运用尽可能微观、详细的数据来分析其时空演进的决策机制,并检验相关假说的适用性。本文利用2003-2013年京津冀地区污染产业微观时空数据和相关区域数据,刻画其时空格局演变特征,探讨不同因素对污染产业地理分布的影响,既是对现有文献的补充,也可以为京津冀地区合理布局污染产业和优化产业结构提供依据。

二、京津冀地区污染产业时空格局演变

(一) 污染产业的界定与数据说明

污染产业是指生产过程中若不加治理会直接或间接产生大量污染物的产业。^[28]但污染产业如何界定目前学界尚不统一,归结起来大概有三类,一是依据产业环境治理成本来界定;^[29]二是依据单位产值污染排放强度来界定;^{[12][30]}三是依据产业污染物排放规模来界定。^[31]本文采用国务院办公厅颁发的《第一次全国污染源普查方案》(国办发(2007)37号)对污染产业的划分标准,选取十大重点污染行业,包括农副食品加工业(13)、食品制造业(14)、纺织业(17)、皮革毛皮羽毛(绒)及其制品业(19)、造纸及纸制品业(22)、石油加工/炼焦及核燃料加工业(25)、化学原料及化学制品制造业(26)、非金属矿物制品业(31)、黑色金属冶炼及压延加工业(32)和有色金属冶炼及压延加工业(33)。考虑到两位代码(以下称“两位数”)实际上包括了一些污染较轻或者无污染的产业,在实证分析时借鉴周沂等的做法,^[6]选择上述十行业中污染最密集五个三位数代码(以下称“三位数”)行业,即棉、化纤印染精加工(171)、皮革鞣制加工(191)、造纸(222)、炼焦(252)和基础化学原料制造(261)。

根据上述分类,本研究以2003-2013年中国工业企业数据库和2004-2014年《中国城市统计年鉴》、京津冀三地统计年鉴以及河北省十一地市统计年鉴为数据来源,其中涉及价格的数据统一换算为2005年不变价以确保可比性。

(二) 污染产业的时空演进特征

从时间发展序列来看(图1),京津冀污染产业的二位数前十行业工业总产值呈N型波动上升,由2003年的549亿元升至2013年的3132亿元;三位数前五行业工业总产值也呈波动上升,从2003年的73亿元提高到2013年的194亿元。进一步考察,京津冀污染产业发展可分为2003-2008年的稳步增长阶段、2008-2011年下降阶段和2011年后的再次上升阶段。但京津冀污染产业无论是二位数前十行业还是三位数前五行业占

全国的份额都有所减少,两者分别从2003年10.78%、8.22%降至2013年的9.84%、7.23%,均减少约1个百分点,表明京津冀地区污染产业总体在进一步发展的同时有相对转出的趋向。

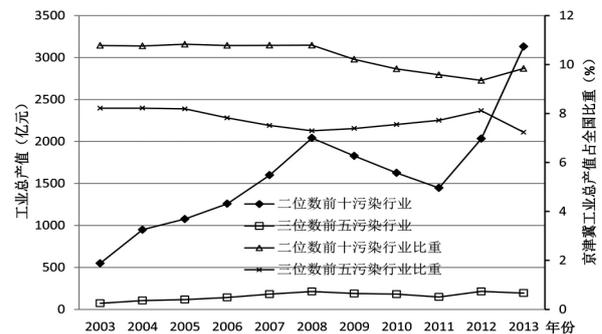


图1 京津冀污染产业产值及其占全国比重变化

资料来源:根据中国工业企业数据库(2003-2013)绘制。

通过京津冀地级以上13个城市污染产业产值占整个地区污染产业的份额来分析污染产业在该地区的时空分布(图2-图3),可以发现,对于二位数前十污染产业,期初占比10%以上的有北京、天津、唐山和石家庄,之后北京波动性持续下降,2013年份额已从期初的23%降至不足10%,唐山也有类似的表现,天津和石家庄则波动上升,天津大致维持占比20%以上的高份额,其他地市占比变化相对平稳,基本在5%及以下小幅波动,其中邯郸、邢台、秦皇岛、承德和廊坊总体呈下降趋势,而沧州、保定、衡水和张家口则有所上升。对于三位数前五污染产业,石家庄一直维持30%左右的高位份额波动,其次是天津在占比20%左右浮动,唐山和邯郸有渐次上升趋势,北京占比持续下降,从期初的15%降至期末的5%,降幅最大。其他地市与二位数前十污染产业情形相似,基本在5%左右浮动,比较平稳。各城市相对份额及其排位变化表明京津冀地区污染产业存在转移现象,总体而言,京津冀的污染产业呈聚集趋势,在京、津、石(家庄)、邯(郸)及沿轴线区域集聚,整体往东部沿海和往南向内陆变动(图4-图6)。下面将对这种变动的影响因素作进一步计量分析。

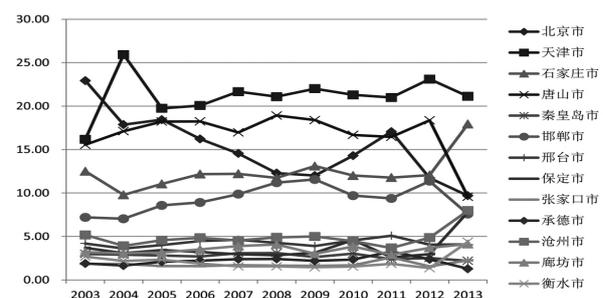


图2 2003-2013年京津冀十三城市二位数十大污染密集型行业产值比重变化

资料来源:根据中国工业企业数据库(2003-2013)绘制。

排序	2003 年	2008 年	2013 年
1	北京市	天津市	天津市
2	天津市	唐山市	石家庄市
3	唐山市	北京市	北京市
4	石家庄市	石家庄市	唐山市
5	邯郸市	邯郸市	沧州市
6	沧州市	沧州市	保定市
7	邢台市	邢台市	邯郸市
8	保定市	廊坊市	衡水市
9	廊坊市	秦皇岛市	廊坊市
10	秦皇岛市	保定市	邢台市
11	衡水市	承德市	张家口市
12	承德市	张家口市	秦皇岛市
13	张家口市	衡水市	承德市

图 3 2003 - 2013 年京津冀十三城市前五位污染密集型行业产值比重变化

资料来源: 根据中国工业企业数据库(2003 - 2013) 绘制。

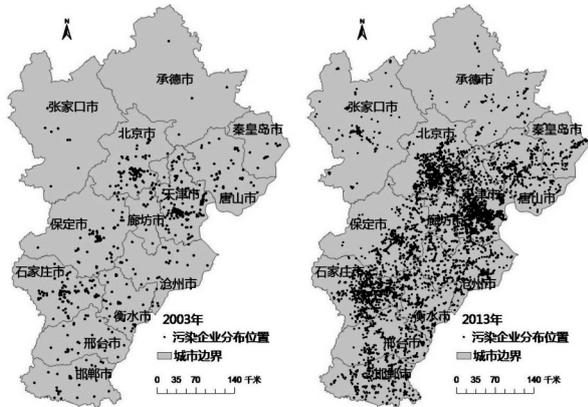


图 4 2003 - 2013 年京津冀十大二位数污染密集型行业企业分布格局变化

资料来源: 根据中国工业企业数据库(2003、2013) 绘制。

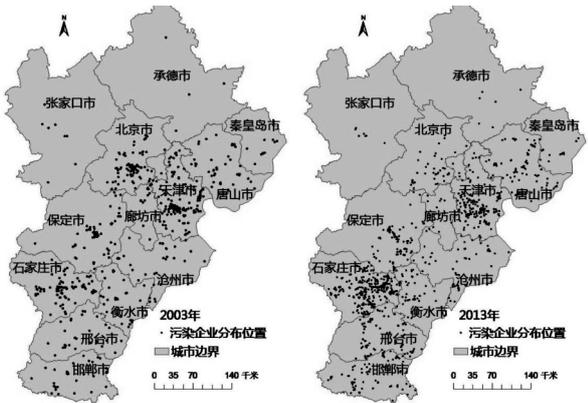


图 5 2003 - 2013 年京津冀五大三位数污染密集型行业企业分布格局变化

资料来源: 根据中国工业企业数据库(2003、2013) 绘制。

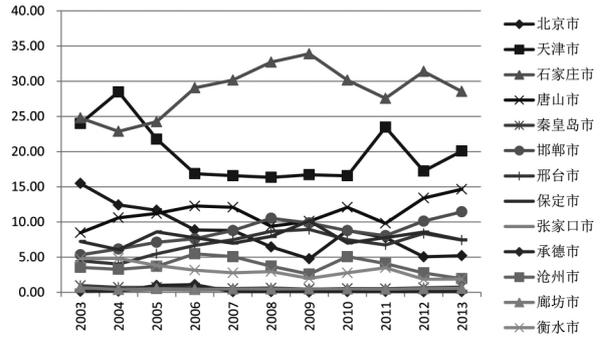


图 6 2003 - 2013 年京津冀十三城市污染密集型产业比重变化

资料来源: 根据中国工业企业数据库(2003 - 2013) 绘制。

三、污染产业转移的影响因素分析

(一) 模型设定及变量选择

根据前述各污染产业转移假说, 考虑到此处的污染产业具有混合类型属性, 因此建模时既要考虑污染产业对资本、技术、劳动和资源因素的影响, 也要考虑环境规制带来的成本约束, 还要考虑对外开放以及其他控制性变量。研究污染产业转移的文献中, 在被解释变量的选择上, 有的选用工业增加值(如魏玮等)^[31], 有的选择企业新成立率(如周沂等)^[6], 也有的用工业产值(如沈静等)^[4]。考虑到工业企业数据库有些工业增加值项缺失不全, 企业增减个数并不能完全反映污染产业的产能, 而企业的工业总产值项数据基本没有缺失, 且该项还能反映企业的真实产能, 因此将被解释变量设定为污染产业的工业总产值。又由于通过 Moran's I 指数对各变量进行检验发现都存在显著的全局空间自相关, 可判定京津冀地区存在空间异质性或空间交互效应, 因此本文拟采用空间计量模型来分析污染产业时空演进的作用机制。为了使回归参数能够解释为弹性以及减少异方差问题, 对变量取自然对数形式, 基准模型设定如下:

$$\ln GYCZ_{it} = \beta_0 + \ln REF_{it} \beta_1 + \ln OP_{it} \beta_2 + \ln ER_{it} \beta_3 + \ln X_{it} \beta_4 + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, $GYCZ$ - 工业总产值, REF - 要素禀赋变量, OP - 对外开放变量, ER - 环境规制变量, X - 控制变量, β_i 为回归系数(向量), ε 为误差项, μ_i 和 v_t 分别是空间固定效应和时期固定效应, i 和 t 分别是区域单元和时期。

空间计量模型通常有多种设定形式, 如空间自回归面板模型(SAR)、空间误差面板模型(SEM)和空间面板 Durbin 模型(SDM)等。根据 $LsSage$ 等^[32] 在空间计量模型设定上要谨慎对待选择 SAR 或 SEM 模型时的一般检验, 并且在实际中有足够的理由选择 SDM 模型, 因为 SAR 和 SEM

模型都是 *SDM* 模型的特殊情况,尤其是可能存在遗漏和纳入变量相关的情况下应采用 *SDM* 模型。本文尽管已经纳入多个可能变量,但并不能保证遗漏变量的可能性,因此最终的模型设定为 *SDM* 模型,即:

$$\begin{aligned} \ln GY CZ_{it} = & \beta_0 + \rho \sum_{j \neq i}^n w_{ij} \ln GY CZ_{jt} + \\ & \ln REF_{it} \beta_1 + \ln OP_{it} \beta_2 + \ln ER_{it} \beta_3 + \ln X_{it} \beta_4 + \\ & \theta_1 \sum_{j \neq i}^n w_{ij} \ln REF_{jt} + \theta_2 \sum_{j \neq i}^n w_{ij} \ln OP_{jt} + \theta_3 \sum_{j \neq i}^n w_{ij} \ln ER_{jt} + \theta_4 \sum_{j \neq i}^n w_{ij} \ln X_{jt} + \\ & \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (2) \end{aligned}$$

其中, $W = (w_{ij})_{n \times n}$ - 空间权重矩阵, ρ - 空间自回归系数, θ_i - 空间回归系数(向量), ε 为误差项; i 和 t 分别是区域单元和时期,其他同模型(1)。

(1) 要素禀赋 (*REF*)。根据资源禀赋理论,污染产业的空间分布会受地区资源禀赋如资源、资本、劳动和技术等要素丰裕程度影响,因此选取相关变量来分析要素禀赋对污染企业选址的影响:一是资源禀赋要素 (*NR*) ,根据周沂等的做法,^[6]以采掘业从业人数占本地总从业人数比表示,具体操作时包括二位数为 06-12 开头的采掘行业;二是资本禀赋要素 (*Cap*) ,根据周沂等的做法以加总企业固定资产净值年平均余额占本地 GDP 比重表示;^[6]三是技术要素 (*TFP*) ,采用 Yang 等的方法计算企业全要素生产率并以企业人数加权平均得到地区 TFP,^[26]其中企业全要素生产率采用半参数的 *OP* 方法,模型为 $TFP_{it} = \ln VA_{it} - \beta_l \ln L_{it} - \beta_k \ln K_{it}$,式中 *VA* 为企业的工业增加值;资本 *K* 用企业固定资产净值年平均余额表示,劳动力 *L* 以全部从业人员年平均人数表示;四是劳动力要素 (*Lbr*) ,以职工年平均工资衡量劳动成本。

(2) 对外开放 (*OP*)。选择实际利用 FDI 额 (*FDI*) 和出口交货值 (*Expt*) 来衡量全球化下对外开放因素对污染企业选址影响。

(3) 环境规制 (*ER*)。各污染产业转移假说几乎都涉及环境规制的影响,也是本文关注的重要变量之一。环境规制直接度量一般较为困难,因此现有文献多以替代变量代理。综合相关文献成果,^{[5][6][17]}本文选取 SO_2 去除率和废水排放达标率等权重合成指数衡量区域环境规制的强度。

(4) 控制变量 (*X*)。污染产业分布与地区的属性特征密切相关,本文将其纳入控制变量,包括集聚经济(用城市该产业的企业数除以城市企业总数 *Agg* 衡量)、经济发展水平用人均 GDP 衡量

(*GDPP*)、基础设施用货运周转量 (*Tran*) 衡量。所有变量如表 1 所示。

(5) 空间权重矩阵 *W*。空间权重矩阵是空间计量分析中的关键环节,根据 Anselin 等研究^[33],本文采用简单的地区二值邻接矩阵为基本权重矩阵,同时用地区中心城市间高速公路距离平方倒数构建空间权重进行敏感性/稳健性分析。

根据表 1 变量将模型(2)改写为矩阵形式并整理得模型(3):

$$\begin{aligned} \ln GY CZ = & (I_n - \rho W)^{-1} [l_n \beta_0 + (I_n \beta_1 + W \theta_1) \\ & \ln NR + (I_n \beta_2 + W \theta_2) \ln Cap + (I_n \beta_3 + W \theta_3) \\ & \ln TFP + (I_n \beta_4 + W \theta_4) \ln Lbr + (I_n \beta_5 + W \theta_5) \\ & \ln FDI + (I_n \beta_6 + W \theta_6) \ln Expt + (I_n \beta_7 + W \theta_7) \\ & \ln ER + (I_n \beta_8 + W \theta_8) \ln Agg + (I_n \beta_9 + W \theta_9) \\ & \ln GDPP + (I_n \beta_{10} + W \theta_{10}) \ln Tran] + \mu + v + \varepsilon \quad (3) \end{aligned}$$

进一步简化为

$$\ln GY CZ = (I_{NT} - \rho W)^{-1} [l_{NT} \beta_0 + (I_{NT} \beta + W \theta) Z + \mu + v + \varepsilon] \quad (4)$$

其中, l_n 表示 $n \times 1$ 单位向量, I_n 表示 $n \times n$ 单位矩阵, I_{NT} 表示 $NT \times NT$ 单位矩阵, $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{11})'$, $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{11})'$, $Z = (\ln NR, \ln Cap, \ln TFP, \ln Lbr, \ln FDI, \ln Expt, \ln ER, \ln Agg, \ln GDPP, \ln Tran)'$ 。式(4)对第 k 解释变量求导,则有

$$\begin{aligned} S_k(W) = & \partial \ln GY CZ / \partial z_k \\ = & (I_{NT} - \rho W)^{-1} (I_{NT} \beta_k + W \theta_k) \quad (5) \end{aligned}$$

根据 LeSage 等的观点,^[32]式(5)右边矩阵中所有元素之和的均值为总效应 $\bar{M}(k)_{\text{总}}$, 其对角元素之和平均值和非对角元素行之和平均值分别为相应解释变量变化所引起的直接效应 $\bar{M}(k)_{\text{直接}}$ 和间接效应(或空间溢出效应) $\bar{M}(k)_{\text{间接}}$, 而直接效应与对应变量的回归系数 $\hat{\beta}_k$ 之差为反馈效应,反馈效应度量了解释变量变动影响邻近区域,再反馈到本区域的程度。即

$$\bar{M}(k)_{\text{总}} = \frac{1}{n} l_n' S_k(W) l_n \quad (6)$$

$$\bar{M}(k)_{\text{直接}} = \frac{1}{n} \text{tr} [S_k(W)] \quad (7)$$

$$\bar{M}(k)_{\text{间接}} = \bar{M}(k)_{\text{总}} - \bar{M}(k)_{\text{直接}} \quad (8)$$

$$\bar{M}(k)_{\text{反馈}} = \bar{M}(k)_{\text{直接}} - \hat{\beta}_k \quad (9)$$

式中, $\bar{M}(k)_{\text{总}}$ 表示总效应, $\bar{M}(k)_{\text{反馈}}$ 表示反馈效应, l_n 表示 $n \times 1$ 单位向量, tr 表示矩阵的迹。

表 1 变量定义与符号

变量种类	变量名	含义	时期	预期符号
被解释变量	GYCZ	污染产业工业总产值	2003 - 2013	
资源禀赋变量 (REF)	NR	采掘业从业人数占总从业人数比(%)	2003 - 2013	+
	Cap	企业固定资产净值年平均余额/GDP(%)	2003 - 2013	+
	TFP	城市生产率	2003 - 2013	+
	Lbr	职工平均工资(元)	2003 - 2013	-
对外开放 (OP)	FDI	实际利用 FDI 额度(万美元)	2003 - 2013	+
	Expt	年出口交货值(万美元)	2003 - 2013	+
环境规制 (ER)	ER	SO ₂ 去除率(去除量/总量)与工业废水 排放达标率(达标量/总量)的均值	2003 - 2013	-
控制变量(X)	Agg	集聚经济(用城市该产业的企业数除以城市企业总数)	2003 - 2013	+
	GDPP	经济发展水平,用人均 GDP 测量(元)	2003 - 2013	+
	Tran	基础设施水平,用货物周转量表示(吨)	2003 - 2013	+

(二) 实证结果分析

通过构建 2003 - 2013 年微观企业地区汇总数据的混合数据模型,本文实证检验了各类因素对三位数前五大污染产业转移的影响。在实证前,先计算各变量的 Pearson 相关系数,发现变量间相关系数在 0.67 以下,表明变量间多重共线性问题并不突出,再采用异方差一致协方差矩阵,对回归结果的标准误差和 t 统计值修正,以消减模型异方差问题。先估计不含空间效应的基准面板模型,结果如表 2。其中,进行了如下固定效应显著性检验:检验 $H_0: \mu_i = 0 (i = 1, \dots, N)$, 其似然比(LR) 值为 184.11(自由度为 13, p 值为 0.000), 这表明拒绝零假设并接受空间固定效应是联合显著的;再检验 $H_0: \eta_t = 0 (t = 1, \dots, T)$, 其似然比(LR) 值为 254.68(自由度为 11, p 值为 0.000), 这表明拒绝零假设并接受时间固定效应也是联合显著的。LR 检验表明模型应包含空间和时间固定效应。因此,以下解释主要基于时空固定效应模型结果。

(1) 要素禀赋变量中自然资源禀赋(NR)和资本要素(Cap)均不显著,前者表明靠近能源、原材料产地对污染密集型产业地理分布影响较小或者现代发达的交通等技术使得污染企业对能源原材料源地依赖度大为降低,后者表明京津冀地区的污染产业资本指向并不明显。

(2) 技术要素(TFP)显著为正,与预期相符,即污染产业对技术有较高需要,可以发现,污染产业较多地转移和聚集到天津、石家庄等工业基础较好、技术水平较高的地区,北京尽管是污染产业净转出区,但其无论产值还是企业数量占比都很高,而科技水平较低、原有工业水平不高的地区对污染企业的吸引力低。可见,技术和与其密切相关的城市生产率的高低是污染企业选址的重要考

虑因素。当然,也有可能是天津、石家庄和北京的环境规制水准虽然很高,但严格规制推动了部分有实力污染企业的创新或技术改进,使之达到当地环保标准而无需迁移。如此则一定程度验证了“波特假说”。

(3) 以工资水平表示的劳动力(Lbr)为负,表明大多污染产业企业更多地会选择劳动力成本较低的地区,事实上,京津冀地区污染产业中劳动密集型产业产值占比达 64%(按企业数量计更大,近 70%),因而在布局上有很强的廉价劳动力指向。这与周沂等^[6]研究全国污染产业转移所得结论一致。

(4) 对外开放因素中,外商直接投资 FDI 和企业出口交货值表示的出口因素 Expt 都不显著,表明京津冀地区污染企业吸引外资集聚不明显和污染产业对国外市场依赖不高,事实上,污染产业中外资企业占比不高,且近十年来有下降趋势,从 2003 年(1030 家)的 15% 降至 2013 年(970 家)的 12%,产品出口占其总产值比重也较低,从 2003 年的 13% 降至 2013 年的约 6%。“污染天堂”假说在这里似乎难以成立。这与沈静等^[4]发现珠三角仍是“污染避难所”不同。

(5) 环境规制因素 ER 显著为负,但系数绝对值较小,表明环境规制严格对污染企业的选址具有一定约束力,但约束力不是很强或者尚处于初级阶段,也有可能是环境的约束促使不少污染企业被迫进行了治污或者技术改造创新降低了污染从而满足当地的环保要求,如果是后者,则“波特假说”再次显现了其解释力。彭文斌等认为“环境规制与污染企业数量的相关关系并非线性,而是呈现出‘U’型关系。”^[34]

(6) 模型设定是否存在以及采用何种空间相关性形式,需要进行检验,根据 Elhorst^[35],本文实

施拉格朗日乘数空间滞后检验 LM_Lag 、空间误差检验 LM_Err 及其稳健性检验量 R_LM_Lag 和 R_LM_Err 的检验结果表明,京津冀地区污染产业的布局存在显著空间相互作用,而且检验结果指向空间 $Durbin$ 模型 (SDM) 是合适的模型设定形式。这也表明在分析污染产业转移中应考虑空间作用和溢出的影响。表 3 给出了有时空固定效应的空间面板 SDM 回归结果,第二列给出了二元邻接权重矩阵下不考虑有偏修正,即直接法的估计

结果,第 3 列给出了 Lee 和 Yu 建议进行有偏修正^[36]的估计结果。比较第 2、3 列可知,考虑有偏修正与否对解释变量和 σ^2 影响很小,但对被解释变量系数 ρ 有较大影响,有偏修正后该系数更为敏感。第 4 列给出了敏感性或稳健性检验,即采用基于反距离平方构建空间权重矩阵并作有偏修正的回归结果。同样发现,解释变量符号与显著性都没有明显变化。因此这里主要基于有偏修正估计结果来分析污染产业转移因素。

表 2 京津冀污染产业转移基准模型回归结果

变量	OLS	空间固定效应	时间固定效应	时空固定效应
截距项	8.2685(5.5374)***			
LnNR	0.0058(1.1260)	-0.0564(-0.8158)	0.0021(0.6224)	0.0192(0.6523)
LnCap	-0.2270(-1.6369)	0.1542(0.6284)	-0.0053(-0.0560)	0.1725(1.6195)
LnTFP	0.2120(4.5545)***	0.2463(1.6551)*	0.1875(4.0982)***	0.1317(1.9577)**
LnLbr	-0.3486(-2.3478)**	-0.1110(-1.7397)*	-0.3529(-2.3819)**	-0.0869(-1.7411)*
LnFDI	0.0286(0.5765)	-0.0372(-0.6581)	0.0840(1.4861)	-0.0017(-0.0699)
LnExpt	0.0762(1.6141)	0.0708(1.1152)	0.0466(1.3344)	0.0207(0.7325)
LnGDPP	0.1521(1.6909)*	0.4358(1.9736)**	0.4482(4.3820)***	0.3866(3.9381)***
LnTran	0.6690(10.0569)***	0.1103(1.7242)*	0.6321(12.9577)***	0.1593(3.1789)***
LnER	-0.00781(-1.7027)*	-0.00451(-1.6715)*	-0.0030(-1.6525)*	-0.0073(-1.6561)*
LnAgg	1.0582(10.0243)***	0.8234(7.3634)***	1.1446(15.3710)***	1.0678(19.1152)***
R ²	0.9159	0.7954	0.9593	0.7731
σ^2	0.0872	0.0537	0.0328	(P=0.0090)
LogL	-21.6294	12.4744	47.7629	139.8154
LM_Lag	25.8756(P=0.000)	92.1577(P=0.000)	0.9302(P=0.335)	2.6907(P=0.101)
LM_Err	50.4532(P=0.000)	88.4946(P=0.000)	4.6597(P=0.015)	0.4391(P=0.508)
R_LM_Lag	0.5456(P=0.460)	10.3782(P=0.001)	5.8866(P=0.031)	6.7138(P=0.010)
R_LM_Err	25.1231(P=0.000)	6.7151(P=0.010)	9.6162(P=0.002)	4.4622(P=0.035)

注:括号里为 t 值,***、**和* 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

表 2 中面板数据的各种 LM 检验结果表明空间效应存在,因而表中回归系数是有偏的,这种有偏性并不能直接比较是否纳入空间效应的模型的估计系数。因为未考虑空间效应的模型,其系数表示解释变量变化对污染产业产值的边际影响,而 SDM 模型的系数并不能直接解释为这种边际影响,而应该对其进行分解^[35]。因此,根据公式(6)-(9)对表 3 中有偏修正的估计结果对解释变量变化所引起的直接和间接效应(溢出)进行估算,见表 4。从表 4 中可知,解释变量的直接效应与对应的估计系数(表 3 第 3 列)并不相等,这是前面提到的反馈效应所引起,反馈效应是解释变量的变化对临近区域的影响再反馈到其自身,其组成来源于被解释变量和解释变量二者空间滞后项系数。下面仅对统计显著的变量进行解释。

由城市生产率反映的技术水平变量 TFP 的直接效应为 0.0412,其估计系数为 0.0557,反馈效应为 -0.0145,占直接效应的 -35.3%,负向的反馈

效应表明城市生产率受邻域反馈影响减损了部分对本地的直接效应。劳动力 Lbr 负向反馈效应 0.0705(占 -36.62%),不过这时对直接效应的减损可以削弱高工资对污染产业的挤出影响。集聚 Agg 也产生了负向反馈但极为轻微,仅 -0.0167(占 -1.6%)。经济水平 $GDPP$ 和基础设施 $Tran$ 产生了正向反馈,分别为 0.0233(占 8.2%)和 0.0084(占 11.54%),反馈可以增强本地对污染企业的吸引。而环境规制 ER 的正向反馈则进一步强化了其对本地污染产业的排斥,其大小为 -0.0014(占 18.87%)。其他变量尽管也可以计算出反馈效应,但由于其回归系数或直接效应统计不显著,这里不予讨论。

技术水平变量 TFP 的直接效应为 0.0412,与非空间模型中该变量系数 0.1317 相比,说明后者严重高估。当技术水平即城市生产率每提高 1%,污染产业产值将增加 0.04%。这与新古典经济观点一致,技术进步有助于生产提高,但在空间效应

下,由于空间竞争的存在,其对产业的促进作用没有传统模型估计的那么高。劳动力因素 Lbr 、经济水平 $GDPP$ 、基础设施 $Tran$ 和集聚经济 Agg 的直接效应分别为 -0.1927 、 0.2849 、 0.0728 和 1.0441 ,且在 10% 及以下水平上都显著,与未纳入空间效应的模型系数(表2第5列)比较,后者都被高估。而环境规制 ER 又被低估。表明存在空间相互作用时,可能形成不正确推断,也说明模型纳入空间效应的必要性。

未纳入空间因素的模型假定无溢出效应,但纳入空间因素后,模型显示空间溢出效应存在且不少因素的溢出效应有较高的显著性。这种间接效应实际上反映了所有地区累积的空间溢出效应。其政策启示意义在于,政策制定者可以了解到自己的相关政策措施在哪些方面以及何种程度对周边地区产生了(溢出)影响。首先,被解释变量空间滞后项显著为负,表明本地污染产业发展变化会对周边地区产生负向影响,即本地与邻域间污染产业有相互抑制作用,这可能体现了相邻地区环境质量的竞争和互相监督,“环境竞次假说”不成立。其次,影响因素方面,生产率 TFP 、劳动力 Lbr 、经济水平 $GDPP$ 、基础设施 $Tran$ 、环境规制 ER 和集聚 Agg 的溢出效应分别为 0.2155 、 -0.1306 、 -0.3232 、 -0.1863 、 0.0300 和 0.2221 ,且都统计显著,相当于上述变量本地变化 1% ,会对临近地区相应地产生 0.22% 、 -0.13% 、 -0.32% 、 -0.18% 、 0.03% 和 0.22% 的溢出,有正向也有负向影响。这对于京津冀全域和各城市有关污染产业发展政策制定都有很好的启示,对于全

域来讲,为了更加合理化布局污染产业,既要有针对全域的调控政策,更要有协调好各城市的措施,建立地区间的生态环境补偿机制;对于各城市来讲,要关注自身的政策措施可能引发临近区域的连锁反应,协调好与周边地区的环保协作合作机制。

总效应是直接效应与溢出效应之和,它提供了考察污染产业影响因素的另一种方式。总效应既表示某个解释变量受某个地区污染产业(产值)变化影响而对所有地区的冲击效应,也表示所有地区污染产业(产值)的变化如何影响某个地区污染产业(产值)的变动。有5个反映地区特征的变量其总效应统计上显著,其中生产率 TFP 对地区污染产业发展具有显著的正向总效应 0.2567 ,其中空间溢出贡献最大,达 84% ,表明地区生产率的提升对其周边地区污染产业规模提高大有裨益;劳动力 Lbr 显著的负总效应 -0.3233 (溢出贡献 40%)表明劳动成本对本地区和邻域发展污染产业都有排斥作用;基础设施 $Tran$ 的总效应显著为负,而直接效应为正,表明良好的基础设施对本地发展污染产业有利,而于邻域而言有很强的抑制作用;环境规制 ER 有显著的正向总效应,与负向的直接效应相反,表明本地严格的规制会对邻域吸引污染企业产生积极影响,也表明地区间建立合理环境补偿机制的必要性,严格环境规制并配以补偿措施,可以刺激污染企业减污减排的技术创新,这反映了波特假说的正确;最后,集聚 Agg 的总效应显著为正,溢出贡献率 18% ,表明京津冀城市尺度的集聚对污染产业的发展布局映证了马歇尔外部性的逻辑。

表3 京津冀污染产业转移空间 Durbin 模型回归结果

变量	I. 直接法	II. 有偏修正	III. 距离权重
$LnNR$	0.021691(0.7333)	0.021908(0.8114)	0.03136(0.9401)
$LnCap$	0.134842(1.1698)	0.135570(1.2884)	0.12450(1.6079)
$LnTFP$	0.04451(1.7640)*	0.055743(1.6507)*	0.227742(2.9570)***
$LnLbr$	-0.245728(-1.7108)*	-0.263275(-1.7303)*	-0.169932(-1.7745)*
$LnFDI$	0.007724(0.3001)	0.009061(0.3855)	-0.013170(-0.4555)
$LnExpt$	0.023796(0.8438)	0.021088(0.8184)	0.053273(1.6181)
$LnGDPP$	0.267878(2.4746)**	0.261548(2.6464)***	0.373399(3.1192)***
$LnTran$	0.068804(1.7309)*	0.064398(1.7591)*	0.145968(2.5797)**
$LnER$	-0.005978(-1.7182)*	-0.006409(-1.7737)*	-0.006140(-1.7139)*
$LnAgg$	1.056092(17.6013)***	1.060805(19.3559)***	0.978609(14.2778)***
$W^* LnNR$	0.055585(0.9602)	0.055365(0.8730)	0.016300(0.2262)
$W^* LnCap$	-0.045865(-0.1810)	-0.055051(-0.1984)	-0.038120(-0.1573)
$W^* LnTech$	0.247330(2.6169)***	0.241768(2.3353)**	0.009130(0.1793)
$W^* LnLbr$	1.485117(3.2997)***	1.457793(2.9566)***	0.235770(0.7836)
$W^* LnFDI$	0.021916(0.5172)	0.021445(0.4620)	-0.021172(-0.4502)
$W^* LnGDPP$	-0.287735(-1.3284)	-0.315444(-1.3316)	-0.472757(-2.3688)**

变量	I. 直接法	II. 有偏修正	III. 距离权重
$W^* LnTran$	-0.188059(-1.5426)	-0.197576(-1.4803)	-0.192501(-2.2408)**
$W^* LnER$	0.029277(0.7904)	0.031757(0.7829)	0.078650(2.0620)**
$W^* LnExpt$	-0.057038(-1.0229)	-0.058196(-0.9527)	0.026938(0.5486)
$W^* LnAgg$	0.506040(3.5363)***	0.389789(2.6261)***	-0.701960(-6.6551)***
ρ	-0.249967(-2.3712)**	-0.144011(-1.6638)*	-0.339983(-6.4949)***
R^2	0.9931	0.9930	0.9888
σ^2	0.0065	0.0078	0.0116
Log_L	155.57	155.58	106.54
#of observation	143	143	143
$LR_spatial_lag$	28.5454(P=0.0046)	28.5453(P=0.0046)	21.8079(P=0.0050)

注: 括号里为 t 值, **、* 和 * 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

表 4 京津冀地区污染产业转移的各类效应

变量	直接效应	间接效应	总效应	反馈效应	反馈效应占比(%)
$LnNR$	0.0215(0.7418)	0.0481(0.8201)	0.0696(1.1076)	-0.000408	-1.90
$LnCap$	0.1424(1.2875)	-0.0695(-0.2704)	0.0729(0.2381)	0.00683	4.80
$LnTFP$	0.0412(1.7096)*	0.2155(2.3359)**	0.2567(2.6196)***	-0.014543	-35.30
$LnLbr$	-0.1927(-1.8412)*	-0.1306(-2.9280)***	-0.3233(-2.8434)***	0.070575	-36.62
$LnFDI$	0.0081(0.3234)	0.0188(0.4656)	0.0269(0.5223)	-0.000961	-11.86
$LnExpt$	0.0286(1.0323)	-0.0591(-1.0915)	-0.0305(-0.4916)	0.007512	26.27
$LnGDPP$	0.2849(2.6912)***	-0.3232(-1.7792)*	-0.0383(-0.1610)	0.023352	8.20
$LnTran$	0.0728(1.6572)*	-0.1863(-1.6720)*	-0.1134(-1.7540)*	0.008402	11.54
$LnER$	-0.0079(-1.7490)*	0.0300(1.8438)*	0.0221(1.6879)*	-0.001491	18.87
$LnAgg$	1.0441(17.3495)***	0.2221(2.5813)***	1.2662(15.467)***	-0.016705	-1.60

注: 括号里为 t 值, **、* 和 * 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。

四、结论与讨论

本文利用 2003 - 2013 年中国工业企业数据库和相关统计资料, 分析探讨了特大城市群京津冀地区污染产业转移的时空分布特征及其决定因素。发现: 京津冀污染产业经历了增长 - 下降 - 上升三个发展阶段, 其产值规模总体提高的同时在全国有相对转出趋势; 京津冀地区内部污染产业正在经历空间结构大调整, 北京份额持续下降, 邯郸、邢台、秦皇岛、承德和廊坊等的份额也有一定下降, 天津、石家庄、沧州、保定和衡水等的份额则有上升趋势, 产业呈聚集趋势, 在京、津、石(家庄)、邯(郸)及沿轴线区域集聚, 整体往东部沿海和往南内陆变动。京津冀污染产业转移的时空分布受多种因素影响, 资源禀赋要素方面, 污染产业转移分布受技术要素和劳动成本影响深刻, 但对自然资源禀赋依赖性低, 污染产业的资本指向也不明显; 对外开放因素对京津冀污染产业转移分布影响不明显, “污染天堂”假说在此难以成立; 环境规制对京津冀污染产业分布有一定限制但约束力不强, 可能存在“波特假说”中更严的规制可刺激污染企业技术创新的因素。污染产业转移分布分析应考虑空间交互作用, 空间效应的纳入一方

面显示“环境竞次假说”不成立, 另一方面纠正了变量因素影响的有偏结果, 并证实了生产率、劳动力、经济发展、基础设施、环境规划和集聚经济等因素存在空间溢出, 并通过回路形成反馈效应影响本地产业发展。

从研究结论可得到如下启示: (1) 着力落实“五大发展理念”, 推动污染企业技术创新促进绿色发展, 最大限度降低环境压力; (2) 一方面要继续制定更严格的环境规制, 另一方面要强化环境规制的执行与监督, 确保治污措施到位, 从规制角度强力推进京津冀污染企业的升级或转移; (3) 环境规制具有正向空间溢出效应, 为避免各地环境竞次竞争, 在京津冀地区建立合理环境补偿机制及有关财政转移支付机制具有重要意义; (4) 利用京津冀协同发展战略和雄安新区建设的重大契机, 加强三地污染产业生态产业链的建设, 从产业链角度整体促进京津冀地区向高端价值链转型升级, 实现空间优化布局。

总的来说, 京津冀地区污染产业时空格局发生了明显的演变, 伴随产业时空结构的调整, 污染的空间分布也发生了变化。因此, 在经济加速转型和未来雄安新区战略快速推进时期, 以结构升

级、技术创新为主导的污染产业时空分布的调整,对京津冀打造世界级城市群和雄安新区的产业发展将产生极其重要的影响。本文从污染产业产值地区分布的视角来研究污染产业的转移,然而污染产业的布局与时空演进影响机制复杂,会受到多种因素交织复合以及空间相互作用的影响。因数据资料等限制,本文仅选取国务院公布的污染产业三位数中前五位产业进行了计量分析,没有区分不同行业,比较粗略,尽管揭示了一些特征但不太全面。在京津冀协同发展战略和国家推进雄安新区建设的大背景下,污染产业转移分布、转型升级的研究议题会成为重要的热点,如何从永续发展的视角来认识产业时空结构演进带来的污染问题以及相关的政策解决方案还需要进一步深入探索。

参考文献:

- [1]方创琳.中国城市群研究取得的重要进展与未来发展方向[J].地理学报,2014(8).
- [2]方创琳,周成虎,顾朝林等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J].地理学报,2016(4).
- [3]孙久文,姚鹏.京津冀产业空间转移、地区专业化与协同发展——基于新经济地理学的分析框架[J].南开学报(哲学社会科学版),2015(1).
- [4]沈静,向澄,柳意云.广东省污染密集型产业转移机制——基于2000~2009年面板数据模型的实证[J].地理研究,2012(2).
- [5]仇方道,蒋涛,张纯敏等.江苏省污染密集型产业空间转移及影响因素[J].地理科学,2013(7).
- [6]周沂,贺灿飞,刘颖.中国污染密集型产业地理分布研究[J].自然资源学报,2015(7).
- [7]Cole M A, Elliott R J R. FDI and the capital intensity of “dirty” sectors: A missing piece of the pollution haven puzzle[J]. Review of Development Economics, 2005(4).
- [8]王文普.环境规制、空间溢出与地区产业竞争力[J].中国人口·资源与环境,2013(8).
- [9]Castlman B I. The Export of Hazardous Factories to Developing Nations[J]. International Journal of Health Services, 1979(9).
- [10]Low P, Yeats A. Do “Dirty” Industries Migrate? In: Patrick Low. International Trade and the Environment. World Bank Discussion Paper No 159, 1992.
- [11]Dean J M. Trade and Environment: A survey of the literature. Working Paper No. 966 (World Department). 1992.
- [12]Mani M, Wheeler D. In Search of Pollution Havens? Dirty Industry in the World Economy, 1960 to 1995 [J]. The Journal of Environment & Development, 1998 (3).
- [13]Birdsall N, Wheeler D. Trade Policy and Industrial Pollution in Latin America: where Are the Pollution Havens? [J]. Journal of Environment and Development, 1993(2).
- [14]Lucass R E B, Wheeler D, Hettige H. Economic Development, Environmental Regulation and the International Migration of Toxic Industrial Pollution: 1960 - 1988 [M]. International Trade and the Environment - Washington, D C, 1992.
- [15]Levinson A, Taylor S M. Unmasking the pollution haven effect [J]. International Economic Review, 2008 (1).
- [16]张可云,傅帅雄,张文彬.产业结构差异下各省份环境治理强度量化研究[J].江淮论坛,2009(6).
- [17]黄志基,贺灿飞,杨帆,周沂.中国环境规制、地理区位与企业生产率增长[J].地理学报,2015(10).
- [18]Stafford H A. Environmental protection and industrial location [J]. Annals Association American Geography, 1985 (2).
- [19]Buses J. Trade, environmental regulations and the world trade organization: new empirical evidence [J]. Journal of International Economics, 2004 (2).
- [20]Kim S. Expansion of markets and the geographic distribution of economic activities: The trends in U. S. regional manufacturing structure, 1860 - 1987 [J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995 (4).
- [21]Konisky D M. Assessing U. S. State Susceptibility to Environmental Regulatory Competition [J]. State Politics and Policy Quarterly, 2009 (4).
- [22]Wheeler David. Racing to the Bottom? Foreign Investment and Air Pollution in Developing Countries [J]. Journal of Environment & Development, 2001 (3).
- [23]Eliste, Paavo & Fredriksson, Per G. Environmental Regulations, Transfers, and Trade: Theory and Evidence [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2002 (2).
- [24]Porter M E, Van der Linde C. Toward a new conception of the environment - competitiveness relationship [J]. The journal of economic perspectives, 1995 (4).
- [25]Lanoie P, Laurent - Lucchetti J, et al. Environmental Policy, Innovation and Performance: New Insights on the Porter Hypothesis [C]. GAEL Working Paper 2007.
- [26]Yang R D, He C F. The productivity Puzzle of Chinese Exporters: Perspectives of Local Protection and Spillover Effects [J]. Papers in Regional Science, 2014 (2).
- [27]Berman E, Bui L T. Environmental regulation and productivity: Evidence from oil refineries [J]. Review of Economics and Statistics, 2001 (3).
- [28]夏友富.外商投资中国污染密集产业现状、后果及其对策研究[J].管理世界,1999(3).
- [29]Tobey J A. The Effects of Domestic Environmental Policies on Patterns of World Trade: An Empirical Test [J]. Kyklos, 1990 (2).
- [30]赵细康.环境保护与产业国际竞争力:理论与实证分析 [M].北京:中国社会科学出版社,2003.
- [31]Becker R, Henderson V. Effects of air quality regulations on polluting industries [J]. Journal of Political Economy, 2000 (2): 379 - 421.
- [31]魏玮,毕超.环境规制、区际产业转移与污染避难所效应 [J].山西财经大学学报,2011(8).
- [32]LeSage J. and Kelley P. Introduction to Spatial Econometrics [M]. CRC Press, 2009.
- [33]Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models [M]. Kluwer, Dordrecht, 1988.
- [34]彭文斌,李昊匡.门槛效应、环境规制与污染企业之关系——基于湖南省城市面板数据的非线性门槛检验 [J].湖南科技大学学报(社会科学版),2016(1).
- [35]Elhorst J P. Spatial Econometrics from Cross - sectional Data to Spatial Panels [M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2014.
- [36]Lee L F, Yu J. Estimation of Spatial Autoregressive Panel Data Models with Fixed Effects [J]. Journal of Econometrics, 2010(2).

收稿日期 2017 - 12 - 10 责任编辑 刘梅