

不同类型环境规制对产业结构升级的空间效应研究

——基于空间面板杜宾模型的实证分析

张优智 乔宇鹤¹

(西安石油大学 经济管理学院, 陕西 西安 710065)

【摘要】: 选取 2008—2017 年中国 31 个省份面板数据作为样本, 将环境规制细分为命令控制型环境规制、激励型环境规制和公众参与型环境规制, 运用空间面板杜宾模型分析三类环境规制对产业结构升级的影响效应。研究表明: 三类环境规制对产业结构升级的影响存在较大差异, 本地及邻近地区三类环境规制对产业结构升级的作用方向均相反。命令控制型环境规制阻碍产业结构的升级, 而激励型环境规制和公众参与型环境规制对产业结构升级有积极促进作用。其中激励型环境规制是当前推动产业结构升级的重要手段。

【关键词】: 环境规制 产业结构升级 空间面板杜宾模型

【中图分类号】: F062.2; X196 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)06-066-08

党的十九大报告提出“为把我国建设成为富强民主文明和谐美丽的社会主义现代化强国而奋斗”。但当前我国工业生产方式依旧粗放, 巨大的能源消耗尤其是化石能源的消耗带来的污染排放仍是环境污染的主要来源, 2017 年全年中国工业煤炭消费超过 36 亿吨, 占当年煤炭消费总量的 94.75%; 2015 年, 工业二氧化硫排放 1556.7 万吨, 废水排放超过 190 亿吨; 高消耗、高污染的工业在中国经济发展过程中不容忽视 2018 年工业生产总值占 GDP 的 33.9%, 远超其他产业, 不合理、不科学的产业结构不仅带来严重的环境污染问题, 还制约经济高质量发展。

高速度已经不是中国经济发展的目标, 经济发展的质量更加重要。从长远来看, 经济增长速度放缓有助于解决当前我国社会的主要矛盾。随着收入的增加, 人们的需求更加多样, 要求产业结构进行升级, 这同样是经济高质量发展的要求。物质消费是人民的美好生活需要, 优美的生活环境也是人民美好生活需要的体现。一直以来, 中国推进工业化和现代化所带来的环境污染和生态破坏, 严重影响正常的生活生产, 妨碍人民生活质量的提高。

出于缓解发展与保护矛盾的目的, 政府颁布了与环境保护相关的法律法规, 以空前力度严厉打击破坏生态环境的行为, 同时加速推进环境基础设施建设, 引导全社会关心环境, 自觉参与环境保护活动。国家所实施的各类环境规制是否能够推动产业结构升级, 进而满足人民的美好生活需要, 为经济发展提供持续动力, 还有待进一步研究。

1 文献综述

¹**作者简介:** 张优智, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向为产业经济。E-mail: zhangyouzhi001@163.com

基金项目: 陕西省社会科学基金项目“‘追赶超越’背景下创新驱动对陕西经济增长的影响效应及对策研究”(2017S015); 陕西省社科界 2020 年度重大理论与现实问题研究项目“‘追赶超越’背景下陕西制造业高质量发展对策研究”(2020Z232); 西安石油大学研究生创新与实践能力的培养计划资助项目“异质性环境规制对中国制造业绿色全要素生产率的影响研究”(YCS19213135); 陕西省教育厅重点科学研究计划项目“一带一路背景下西安市能源金融中心优势测度与成长路径分析”(19JZ052)

关于环境规制衡量的相关研究，环境规制的衡量方法主要有三种，分别是单项指标、环境规制测度体系及按性质进行分类。绝大多数情况下，单项指标用污染治理投资额^[1-2]和污染物排放达标率^[3-4]。部分学者认为单一指标过于片面，因此，构建环境规制强度测度体系用熵值法或主成分分析法得出环境规制强度，也是常使用的方法^[5-6]。但综合指标难以考察不同类型环境规制所产生的不同作用效果，按照环境规制的性质分成正式和非正式两类^[7-8]或命令型、激励型及公众参与型三类^[9-10]。

关于产业结构升级衡量的相关研究。依据所研究的问题，产业结构升级所选择的衡量方法有较大差异，大多数学者选择用第二、第三产业产值的比值来衡量产业结构升级^[10-11]；也有学者同环境规制的测度一样，选择建立产业结构升级指标体系，通过熵值法或主成分分析法测度产业结构升级^[12-13]。

产业结构在环境规制影响下的结果主要有三类：第一类观点认为环境规制显著促进产业结构的升级。卫平和于奕杉^[14]、程中华等^[15]在研究过程中都选择动态面板模型，前者重点研究了制造业的产业结构升级，后者的研究数据是中国地级以上城市面板数据，最终均确定环境规制对产业结构升级有显著的促进作用。李晓英^[16]的研究内容为 FDI、环境规制和产业结构之间的相关性关系，所选用的分析法为空间计量，分析结果显示环境规制优化 FDI 对产业结构的影响。逯进等^[17]选择低碳城市政策作为一种具体的环境规制政策，运用 PSM-DID 方法分析低碳城市政策对中国 213 个地级市产业结构升级的影响，发现低碳城市政策显著促进产业结构的升级。

第二类观点认为环境规制不能促进产业结构的升级。李强和丁春林^[18]通过对长江经济带城市的研究，明确了环境规制影响的大致方向，研究发现若选择静态面板模型，环境规制阻碍产业结构升级，若选择空间杜宾模型，本地区及邻近地区环境规制强度提升会抑制长江经济带产业升级。游达明等^[19]整合了财政分权与环境规制，并在此基础上进行了空间检验，最终确定财政分权下的环境规制不利于地区产业结构升级。袁嘉琪和卜伟^[20]的研究对象为京津冀城市群，通过空间计量模型对环境规制的影响进行分析，最终得出抑制产业结构升级的结论。

还有观点认为环境规制对产业结构升级的作用是不确定的。王文哲等^[21]对环境规制的分析角度有正式和非正式，明确前者促进产业结构升级，而后者在初期促进、中后期抑制产业结构升级。杨骞等^[22]所选用的分析方法是空间计量模型，分析的角度有合理化和高级化，研究结果显示环境规制推动产业结构合理化和高度化，但仅对合理化有正空间溢出效应，对高度化有负空间溢出效应。与此同时，李虹和邹庆^[23]认为无论是资源型还是非资源型城市，环境规制对产业结构都有明显的门槛效应。时乐乐^[24]、郑加梅^[25]都认为环境规制对产业结构升级既有直接影响也有间接影响。高明和陈巧辉^[26]在环境规制的基础上构建了异质性理论假说，发现其对产业结构升级的影响有种类和区域差异。刘满凤等^[27]选取中国省级面板数据，从投资型和费用型两方面对环境规制与产业结构升级的相关问题进行研究，分析结果表明前者促进产业结构升级，而后者阻碍产业结构升级。

已经有大量对环境规制和产业结构升级的研究，但通常没有按性质细分环境规制，未注意到不同类型环境规制对产业结构升级影响的作用效果及路径可能存在的差异，研究方法也大多使用门槛、系统 GMM 或者简单面板回归，较少使用空间计量方法，没有把相邻区域的空间相关性考虑在内。充分考虑以上两方面的问题，才能够完成二者关系的准确解释。因此，本文选取 2008—2017 年中国 31 个省份面板数据作为研究样本，将环境规制按性质划分成命令控制型、激励型和公众参与型，依靠空间杜宾模型分析三类环境规制影响产业结构升级的差异。

2 机理分析

首先，命令控制型环境规制对产业结构升级的作用机理如下：针对环境污染、生态破坏等问题，政府出台各类政策法规，严惩环境违法行为，促使当地污染企业进行生产整改，淘汰本地部分低产能高污染的落后产业，一些产业不得不转移到环境规制较弱的地区继续发展，因而促进本地产业结构的升级，而对于一些承接污染产业的地区来说，由于经济发展落后，为了促进本地经济发展，不得不降低环境规制强度来吸引外资，不利于落后地区产业结构升级。同时，严格的环境标准加大外地企业的进入成本，形成资本壁垒，污染治理水平不达标的企业也无法进入，影响产业结构的变动。

其次，激励型环境规制对产业结构升级的作用机理如下：在严苛的污染排放标准要求下，若企业将大量资金投入 to 环境污染治理当中，会挤占正常生产投入，不利于实现转型升级；企业为达到较高的污染排放标准，若选择加大创新领域的投入，革新生产技术，改进传统的产品生产工艺，从源头减少企业的污染排放行为，推动企业实现环境保护和生产效率的双赢，进而促进产业结构升级。

最后，公众参与型环境规制对产业结构升级的作用机理如下：随着社会发展，人们不仅在物质上有高要求，生活环境方面也有高标准，环保意识增强，主动监督企业的污染行为，发现并及时通过信访或电话等方式举报严重环境污染的行为，通过组建地方环境保护组织，与污染企业协商要求企业约束污染行为或进行补偿，而媒体则通过曝光各类污染事件，对企业形象产生影响，企业迫于政府环境惩治、舆论及企业形象受损的压力，采取技术创新、提高生产效率等措施减少环境污染，在这一过程中对产业结构产生影响。

3 模型构建、变量选取及数据来源

3.1 空间计量模型构建

空间杜宾模型 (SDM) 同时具备因、自变量的空间滞后项，反映空间效应比较完整。因此，本文选择 SDM 研究环境规制对产业结构升级的影响，构建的模型如下：

$$CY_{it} = \beta_1 + \beta_2 \ln ML_{it} + \beta_3 \ln GI_{it} + \beta_4 \ln UR_{it} + \beta_5 \ln TI_{it} + \beta_6 \ln OP_{it} + \beta_7 \ln HC_{it} + \rho_1 W_{ij} \ln ML_{it} + \rho_2 W_{ij} \ln GI_{it} + \rho_3 W_{ij} \ln UR_{it} + \rho_4 W_{ij} \ln TI_{it} + \rho_5 W_{ij} \ln OP_{it} + \rho_6 W_{ij} \ln HC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$CY_{it} = \beta_1' + \beta_2' \ln JL_{it} + \beta_3' \ln GI_{it} + \beta_4' \ln UR_{it} + \beta_5' \ln TI_{it} + \beta_6' \ln OP_{it} + \beta_7' \ln HC_{it} + \rho_1' W_{ij} \ln JL_{it} + \rho_2' W_{ij} \ln GI_{it} + \rho_3' W_{ij} \ln UR_{it} + \rho_4' W_{ij} \ln TI_{it} + \rho_5' W_{ij} \ln OP_{it} + \rho_6' W_{ij} \ln HC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$CY_{it} = \beta_1'' + \beta_2'' \ln GZ_{it} + \beta_3'' \ln GI_{it} + \beta_4'' \ln UR_{it} + \beta_5'' \ln TI_{it} + \beta_6'' \ln OP_{it} + \beta_7'' \ln HC_{it} + \rho_1'' W_{ij} \ln GZ_{it} + \rho_2'' W_{ij} \ln GI_{it} + \rho_3'' W_{ij} \ln UR_{it} + \rho_4'' W_{ij} \ln TI_{it} + \rho_5'' W_{ij} \ln OP_{it} + \rho_6'' W_{ij} \ln HC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

模型 (1) 至模型 (3) 是三类环境规制影响产业结构升级的 SDM。i、j 为省份；t 是年份；被解释变量是 CY，代表产业结构升级；ML、JL 及 GZ 是核心解释变量，分别是命令控制型环境规制、激励型环境规制及公众参与型环境规制；控制变量有政府干预 (GI)、城镇化 (UR)、技术创新 (TI)、对外开放 (OP) 和居民消费 (HC)； W_{ij} 为空间权重矩阵； $W_{ij} \ln ML_{it}$ 、 $W_{ij} \ln JL_{it}$ 、 $W_{ij} \ln GZ_{it}$ 和 $W_{ij} \ln XL_{it}$ 代表各解释变量的空间滞后项； β_1 、 β_1' 和 β_1'' 分别为三个模型的常数项； ε_{it} 为随机扰动项，其余为变量系数。

在进行空间计量分析时，选择合理的空间权重矩阵是一个重要步骤，空间计量研究中经常使用的有邻接、地理距离和经济距离三类空间权重矩阵。本文选择邻接矩阵，若省份 i 和省份 j 有共同边界，则 $W_{ij}=1$ ，反之，若省份 i 和省份 j 不存在共同边界，则 $W_{ij}=0$ 。其中 W_{ij} 是一个 31×31 的矩阵，行与列均对应相关的省份，对角线上元素均为 0。

3.2 变量选取及数据来源

本文主要研究不同类型环境规制对产业结构升级的影响，环境规制分析的角度有命令控制型、激励型及公众参与型，研究样本选取 2008—2017 年中国除港澳台地区外的 31 个省份的面板数据，建立空间杜宾模型分析环境规制与产业结构升级的空间相关性。

被解释变量：产业结构升级(CY)。基于数据的可获得性以及本文所研究的问题，用第三与第二产业增加值的比值来衡量。

核心解释变量：命令控制型(ML)、激励型(JL)及公众参与型环境规制(GZ)。命令控制型环境规制的测度用环境污染治理投资和 GDP 的比值，激励型环境规制用单位 GDP 的排污费解缴入库金额来衡量，公众参与型环境规制用环境信访来信总件数来衡量。

控制变量：政府干预(GI)、城镇化(UR)、技术创新(TI)、对外开放(OP)及居民消费(HC)。归纳以往文献，考虑产业结构升级还可能受到其他变量的影响，在计量模型中加入政府干预、城镇化水平、技术创新、对外开放水平及居民消费水平作为控制变量。政府干预：政府在经济活动中具有重要导向作用，政府干预是国家进行经济调整的重要手段，选取地方一般预算财政支出出来衡量政府干预。城镇化：在城镇化进程中，大量农村剩余劳动力转移到城市，其所从事的行业从农业转变为工业和服务业，为产业发展提供大量劳动力支持，本文以城镇人口占地区总人口的比重衡量城镇化。技术创新：创新有利于提高传统产业生产效率，推动高端产业的形成，从而使产业结构向合理化、高级化转变，考虑数据的可获得性，本文选取各地区 R&D 经费内部支出来表示技术创新。对外开放：对外开放有助于引进国外先进技术、吸收资金、调整进出口贸易结构，进而推动我国产业结构调整，选取外商直接投资来描述对外开放。居民消费：产业生产的水平和结构很大程度上被居民消费的水平 and 结构影响，随着居民消费需求日渐多样化，促使产业结构向更高水平升级，提供多样化服务满足不同的消费需求，本文选择各地区居民消费水平作为居民消费的量化指标。

综上所述，模型中所涉及的指标见表 1。

表 1 变量说明

变量名称		变量符号	指标
产业结构升级		CY	第三产业增加值与第二产业增加值比值/%
环境规制	命令控制型环境规制	ML	环境污染治理投资占 GDP 比重/%
	激励型环境规制	JL	单位 GDP 的排污费解缴入库金额/万元
	公众参与型环境规制	GZ	环境信访来信总件数/件
政府干预		GI	一般预算财政支出/亿元
城镇化		UR	城镇人口占地区总人口的比重/%
技术创新		TI	地区 R&D 经费内部支出/万元
对外开放		OP	外商直接投资/百万美元
居民消费		HC	地区居民消费水平/元

本文相关数据主要来源于 2009—2018 年《中国统计年鉴》《中国环境年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》及各省统计年鉴，出于消除异方差的目的，产业结构之外的其余变量均作对数处理。

4 实证分析

4.1 空间特征分析

利用 Kernel 核密度函数分析产业结构升级和不同类型环境规制的空间异质性，莫兰指数分析产业结构和不同类型环境规制的空间相关性。

(1) 动态演变过程分析。

Kernel 核密度估计方法通过分析所研究对象曲线图的动态变化，揭示所选取指标的动态演变过程。本文对 31 个省份的产业结构和环境规制进行 Kernel 核密度估计，并绘制出产业结构及三类环境规制奇数年份的核密度函数分布曲线图，反映产业结构升级及三种不同环境规制的动态演变过程。

产业结构升级的动态演变过程见图 1。2008—2011 年产业结构的核密度函数分布曲线中心向左移，2011—2017 年曲线中心逐渐右移，表明 2011 年之后产业结构向高水平升级，产业结构变动存在波动。2008—2015 年产业结构的核密度函数分布曲线主峰逐年降低，2017 年主峰峰值较 2015 年有所提升，2008—2015 年曲线的主峰宽度逐年增大，而之后主峰宽度略有缩小，表明我国各省产业结构的绝对差距呈现“扩大—缩小”的趋势。在样本考察期内，产业结构的分布曲线始终存在明显的向右拖尾现象，表明所有省份中产业结构水平较高省份的产业结构呈升级趋势，拉大与产业结构平均水平的差距。

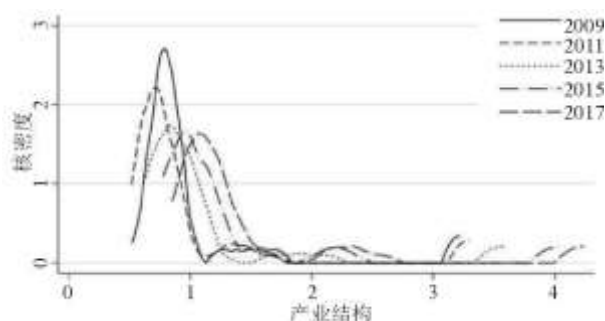


图 1 31 个省份产业结构升级核密度函数分布曲线

命令控制型环境规制的动态演变过程见图 2。从图 2 可以看出，2008—2017 年命令控制型环境规制的核密度函数分布曲线的中心基本保持一致，仅有 2015 年向左移动，表明各省份命令控制型环境规制实施强度变化不明显。2008—2017 年分布曲线的主峰高度除在 2015 年有小幅上升外，基本呈逐年下降趋势，主峰宽度逐年增大，表明我国各省份命令控制型环境规制强度的绝对差距呈扩大趋势。

激励型环境规制的动态演变过程见图 3。2008—2017 年激励型环境规制的核密度函数分布曲线的中心逐渐向左移动，说明各地区激励型环境规制实施强度逐渐减弱。2008—2013 年分布曲线主峰峰值逐年下降，而 2013 年之后主峰峰值逐渐上升，主峰峰值呈“下降—上升”的趋势，同时主峰宽度在 2013 年前后两个阶段呈“增大—缩小”趋势，说明省份之间激励型环境规制的绝对差距呈现“扩大—缩小”的趋势。

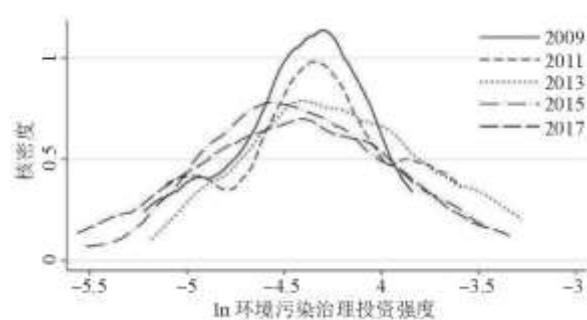


图 2 31 个省份命令控制型环境规制核密度函数分布曲线图

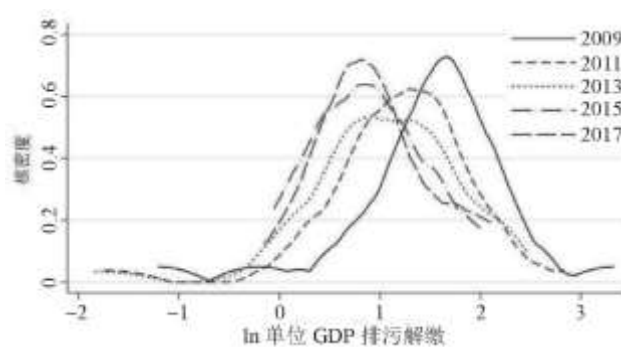


图 3 31 个省份激励型环境规制核密度函数分布曲线图

公众参与型环境规制的动态演变过程见图 4。2008—2015 年公众参与型环境规制核密度函数分布曲线的中心逐渐左移，2015—2017 年向右移动，表明各省份命令控制型环境规制实施强度先减弱后增强。样本期内主峰宽度没有明显变化，而 2008—2013 年分布曲线的主峰峰值逐渐增高，2013—2017 年主峰峰值基本保持在同一水平，表明地区之间公众参与型环境规制的实施强度逐渐缩小。

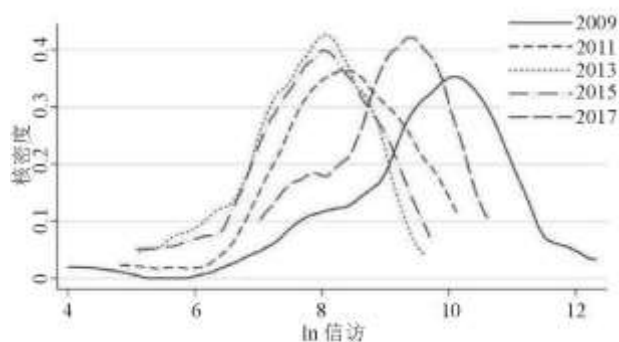


图 4 31 个省份公众参与型环境规制核密度函数分布曲线图

(2) 空间自相关检验。

利用“莫兰指数 I”即 Moran' sI 检验 2008—2017 年产业结构及三类环境规制的空间相关性，结果见表 2。

从表 2 的检验结果可知，样本期内所有检验指标的全局 Moran' sI 均为正，意味着中国各省份的产业结构和环境规制存在一定空间相关性。2008—2017 年产业结构的 Moran' sI 一直在 1%的水平上显著，具体来说，2017 年之前一直呈下降趋势，地区间产业结构相关性减弱，2017 年较上一年小幅上升。除 2009 年，命令控制环境规制的 Moran' sI 都通过显著性检验。除 2016 年和 2017 年，激励型环境规制的 Moran' sI 也都通过显著性检验，表明环境规制在实施初期有较强的空间相关性，随着政策实施时间的推移，空间相关性减弱。全局 Moran' sI 存在一定局限性，原因在于部分地区的某指标呈现正相关，而另一些地区的这一指标呈现负相关，加总则可能导致空间不相关，因此命令控制型环境规制虽在 2009 年未通过显著性检验，不能否认空间相关性，同样，激励型环境规制在 2016 年及 2017 年未通过显著性检验也不能否认其空间相关性。公众参与型环境规制的 Moran' sI 在检验期均通过 10%的显著性检验。命令控制型和公众参与型环境规制的 Moran' sI 持续上下波动，激励型环境规制的 Moran' sI 大致呈倒“N”型。

4.2 空间杜宾模型分析

表 2 的空间自相关检验表明主要变量存在空间集聚特征，为选择合适的模型进行相关检验，分别对模型(1)、模型(2)和模型(3)进行 Hausman 检验，判断固定效应和随机效应哪个效果更好，表 3 是具体估计结果。

表 3 Hausman 检验结果

变量	模型(1)		模型(2)		模型(3)	
	随机效应	固定效应	随机效应	固定效应	随机效应	固定效应
lnML	-0.137***(-3.96)	-0.085***(-2.69)	—	—	—	—
lnJL	—	—	0.122*** (2.92)	0.106*** (2.72)	—	—
lnGZ	—	—	—	—	0.018(1.13)	0.031** (2.17)
lnGI	-0.083(-1.39)	-0.079(-1.50)	-0.083(-1.40)	-0.063(-1.16)	-0.089(-1.45)	-0.044(-0.81)
lnUR	-2.037***(-5.38)	-2.359***(-6.88)	-2.088***(-5.22)	-2.518***(-6.68)	-2.767***(-7.33)	-3.204***(-9.69)
lnTI	-0.231**(-2.53)	-0.407***(-4.32)	-0.120(-1.41)	-0.275***(-2.90)	-0.130(-1.45)	-0.303***(-3.29)
lnOP	0.011(0.20)	-0.039(-0.76)	0.007(0.13)	-0.015(-0.28)	-0.002(-0.03)	-0.047(-0.90)
lnHC	1.241*** (8.47)	1.562*** (10.95)	1.177*** (8.24)	1.474*** (9.81)	1.324*** (8.76)	1.683*** (11.63)
__cons	-8.458***(-6.46)	—	-9.129***(-7.08)	—	-10.530***(-7.37)	—
WlnML	0.055*** (5.01)	0.069*** (6.88)	—	—	—	—
WlnJL	—	—	-0.080***(-4.65)	-0.071***(-4.49)	—	—
WlnGZ	—	—	—	—	-0.011***(-3.72)	-0.018***(-6.47)
WlnGI	0.004(0.53)	-0.000(-0.02)	-0.000(-0.01)	-0.004(-0.61)	0.003(0.36)	-0.006(-0.87)
WlnUR	-0.343***(-7.64)	0.967*** (4.94)	-0.450***(-7.67)	0.529*** (2.79)	-0.314***(-6.90)	1.045*** (5.65)

WlnTI	0.170*** (6.73)	0.139*** (5.42)	0.167*** (6.82)	0.161*** (6.41)	0.178*** (7.07)	0.155*** (6.34)
WlnOP	-0.053*** (-2.75)	-0.098*** (-4.97)	-0.061*** (-3.17)	-0.101*** (-4.85)	-0.037 (-1.64)	-0.065*** (-3.06)
WlnHC	-0.243*** (-5.48)	-0.433*** (-9.27)	-0.246*** (-5.66)	-0.397*** (-8.25)	-0.284*** (-6.16)	-0.520*** (-10.45)
rho	0.336*** (40.86)	0.335*** (42.10)	0.335*** (41.68)	0.331*** (44.51)	0.336*** (40.98)	0.334*** (42.78)
Hausman	15.62** (0.0159)		0.99 (0.9859)		5.32 (0.5032)	

表 2 2008—2017 年全国各省份产业结构及不同环境规制全局 Moran' sI

变量	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
CY	0.228*** (4.648)	0.207*** (4.270)	0.202*** (4.183)	0.190*** (4.019)	0.177*** (3.778)	0.150*** (3.271)	0.136*** (3.018)	0.112*** (2.587)	0.099*** (2.334)	0.101*** (2.363)
ML	0.119*** (3.338)	0.018 (0.807)	0.078** (1.782)	0.107*** (2.388)	0.096** (2.052)	0.106** (2.203)	0.150*** (3.013)	0.094** (2.052)	0.117*** (2.427)	0.195*** (3.699)
JL	0.098*** (2.838)	0.093*** (2.558)	0.083** (2.053)	0.099*** (2.466)	0.128*** (2.593)	0.160*** (3.230)	0.135*** (2.750)	0.086** (1.926)	0.044 (1.247)	0.026 (0.954)
GZ	0.200* (4.046)	0.109*** (3.044)	0.168*** (3.712)	0.214*** (4.053)	0.133*** (2.718)	0.150*** (3.237)	0.105** (2.213)	0.193*** (3.817)	0.161*** (3.173)	0.161*** (3.173)

表 3 为模型 (1)、模型 (2) 和模型 (3) 中三类环境规制对产业结构升级影响的空间计量结果。其中，三个模型的 rho 均为正且均通过 1% 的显著性检验，表明本文设定空间计量模型分析环境规制对产业结构升级的影响是正确的，模型 (1) 的 Hausman 检验结果通过 5% 的显著性水平检验，表明在研究命令控制型环境规制对产业结构升级的影响过程中选择固定效应模型作为基本模型更为合适，而模型 (2) 及模型 (3) 的 Hausman 检验结果未通过显著性检验，说明在研究激励型及公众参与型环境规制对产业结构升级的影响时，选择随机效应模型作为研究的基本模型更为合适。因此，对模型 (1) 中的固定效应、模型 (2) 和模型 (3) 中的随机效应进行分析说明。

由表 3 可知三个模型中的环境规制对产业结构升级的回归系数存在较大差异，三类环境规制的回归系数均与其空间滞后项的回归系数符号相反，表明三类环境规制都对本地和邻近地区的作用不同。公众参与型的回归系数未能通过显著性检验，其余两类的回归系数全部通过 1% 的显著性检验，三类环境规制的空间滞后项全部都在 1% 的水平上显著。对本地产业结构升级的作用而言，命令控制型是阻碍，其他两类环境规制是促进，激励型环境规制的影响最大。邻近地区命令控制型环境规制实施强度的提升对本地产业结构升级有正向的空间溢出作用，而邻近地区激励型及公众参与型环境规制实施强度的提升对本地区产业结构升级又有显著的负向空间溢出效应，依旧是激励型环境规制的作用最大。命令控制型环境规制通过强制性手段实现环境保护的目的，在实施初期可能取得一定成效，但随着实施时间的推移，“一刀切”的减排标准剥夺了企业自主选择减排方式的权利，环境规制实施强度不合理可能加重企业负担，而不利于产业结构的升级。激励型环境规制合理利用市场对环境资源进行有效的配置，并充分给予企业自主选择的权利，有利于企业依照自身实际情况达到减排标准，对产业结构升级产生积极的促进作用。公众参与型环境规制虽然不具有强制约束力，但对产业结构的升级也发挥着一一定的积极作用，而当前有关环保知识的宣传教育不足，公众保护环境的积极性和意识不足，此外，有关公众监督环境违法行为的法律法规不够健全，监督手段单一，公众参与

型环境规制的作用未被发挥出来，需将其促进作用激发出来。

政府干预及其空间滞后项对产业结构的升级有负向影响，但影响效果较小，同时在三个模型中均未通过显著性检验，说明本地区政府干预以及其邻近地区政府干预仅在一定程度上会阻碍本地产业结构升级，当前政府对经济进行调整的方式仍不够规范，对产业结构升级所产生的作用有限。

城镇化及其空间滞后项均通过 1%的显著性检验，在三个模型中，城镇化均显著制约本地产业结构的升级，而邻近地区城镇化对产业结构升级的作用方向不确定。

技术创新与其空间滞后项的符号相反，每一个模型中技术创新的系数都是负的，但仅在模型(1)中通过 1%的显著性检验，在模型(2)及模型(3)中均未通过显著性检验且数值较小，每一个模型中空间滞后项的系数都是正的，均通过 1%的显著性检验，表明技术创新对本地产业结构升级的贡献仍十分不足，但本地区产业结构的升级可以从邻近地区的技术创新中受益。

对外开放只有其模型(1)和模型(2)中的空间滞后项通过显著性检验，但系数值较小，说明对外开放对本地产业结构的作用效果不够明显，同时在一定程度上邻近地区对外开放水平的提升对本地区产业结构的升级有阻碍作用。

居民消费及其空间滞后项均通过 1%的显著性检验，三个模型中居民消费的系数均为正，其空间滞后项的系数均为负，说明本地居民消费水平的提升会显著促进本地产业结构的升级，而邻近地区居民消费水平的提升会阻碍产业结构的升级，其中本地居民消费水平的正向影响更大。产业结构要不断升级以满足变动的需求，从而刺激本地产业结构升级，而地区之间消费市场的竞争使得周边消费市场挤占本地消费市场，阻碍本地产业结构升级。

SDM 可以分解成三部分，首先是自变量影响本地区因变量的直接效应，其次是自变量影响相关地区因变量的空间溢出效应，最后是自变量影响因变量的总效应。固定效应模型也有三种，分别是个体、时间和双固定。表 4 中列出命令控制型环境规制固定效应计量结果及其他两类环境规制 SDM 的分解结果。

从表 4 命令控制型环境规制固定效应计量结果可知，时间固定效应中作为核心解释变量的命令控制型环境规制未通过显著性检验，因此，从个体固定效应和双固定效应中进行选择。从表 4 中 1-1 列及 1-3 列的对比可知，命令控制型环境规制在两个模型中均通过 1%的显著性检验，空间滞后项则各自通过 1%和 5%的显著性检验，二者相比之下选择个体固定效应的 SDM 说服力更强。

模型(1)个体固定效应的估计结果表明，命令控制型环境规制增强对产业结构升级产生的负向作用通过 1%的显著性检验，而其空间滞后项在 1%的显著性水平上为正，说明命令控制型环境规制会阻碍本地产业结构升级，对邻近地区的产业结构升级则有正向的空间溢出效应。

由模型分解结果可知，模型(2)及模型(3)中环境规制三个效应的回归系数均为正，模型(2)中三个效应分别通过 1%、1%和 10%的显著性检验，模型(3)中空间溢出效应未能通过显著性检验，模型(2)中环境规制三个效应的系数显著大于模型(3)。SDM 分解结果表明这两种环境规制不仅使本地产业结构得到升级，也促进邻近地区产业结构升级，公众参与型环境规制的影响更小。

5 研究结论及对策建议

表 4 环境规制对产业结构升级影响的空间计量结果

变量	模型(1)固定效应	模型(2)SDM 分解	模型(3)SDM 分解
----	-----------	-------------	-------------

	1-1	1-2	1-3	2-1	2-2	2-3	3-1	3-2	3-3
	个体固定效应	时间固定效应	双固定效应	直接效应	空间溢出效应	总效应	直接效应	空间溢出效应	总效应
lnML	-0.085*** (-2.69)	-0.028 (-0.32)	-0.067*** (-2.63)	—	—	—	—	—	—
lnJL	—	—	—	0.197*** (4.57)	0.101* (1.94)	0.298*** (4.21)	—	—	—
lnGZ	—	—	—	—	—	—	0.028*** (2.64)	0.013 (1.03)	0.041*** (3.72)
lnGI	-0.079 (-1.50)	0.169 (0.78)	-0.162 (-1.34)	-0.034 (-0.95)	0.073* (1.73)	0.039* (1.90)	-0.042 (-1.15)	0.073* (1.68)	0.030 (1.49)
lnUR	-2.359*** (-6.88)	1.137** (2.13)	-2.172*** (-7.60)	0.041 (0.08)	2.934*** (3.82)	2.975*** (8.22)	-0.534 (-1.01)	3.260*** (3.97)	2.726*** (7.55)
lnTI	-0.407*** (-4.32)	0.020 (0.18)	-0.438*** (-5.42)	-0.352*** (-3.96)	-0.326*** (-3.26)	-0.677*** (-7.18)	-0.369*** (-3.97)	-0.353*** (-3.43)	-0.722*** (-7.53)
lnOP	-0.039 (-0.76)	-0.305*** (-3.59)	-0.132*** (-3.09)	0.109** (2.12)	0.148** (2.16)	0.257*** (3.19)	0.060 (1.12)	0.095 (1.43)	0.155* (1.70)
lnHC	1.562*** (10.95)	0.358 (1.05)	0.958*** (5.32)	0.908*** (7.07)	-0.377** (-2.43)	0.530*** (3.07)	1.042*** (7.69)	-0.420** (-2.50)	0.622*** (3.41)
WlnML	0.069*** (6.88)	0.052 (1.42)	0.023** (2.46)						
WlnGI	-0.000 (-0.02)	-0.009 (-0.40)	-0.003 (-0.60)						
WlnUR	0.967*** (4.94)	-0.326*** (-3.29)	0.729*** (4.24)						
WlnTI	0.139*** (5.42)	-0.062 (-1.40)	0.108*** (4.25)						
WlnOP	-0.098*** (-4.97)	0.117*** (2.95)	0.062*** (3.40)						
WlnHC	-0.433*** (-9.27)	-0.031 (-0.84)	-0.360*** (-8.55)						
rho	0.335*** (42.10)	0.358*** (24.07)	0.361*** (28.12)						

本文选取 2008—2017 年中国 31 个省份面板数据作为样本，将环境规制按性质划分成命令控制型、激励型和公众参与型，选用空间杜宾模型分析三类环境规制影响产业结构升级的差异。研究发现：环境规制对产业结构升级并不只有有利影响，三类环境规制的回归系数虽然均与其空间滞后项的回归系数符号相反，但具体作用效果存在较大差异。就对本地产业结构升级的作用而言，命令控制型是阻碍，其他两类环境规制是促进，激励型环境规制对产业结构升级的作用三类环境规制中最为显著的。在空间溢出效应方面，邻近地区命令控制型环境规制实施强度的提升对本地产业结构升级有正向的空间溢出作用，而邻近地区激励型及公众参与型环境规制实施强度的提升对本地区产业结构升级又有显著的负向空间溢出效应，依旧是激励型环境规制的作用最大。

每一种环境规制对产业结构升级的作用存在明显区别，本文的研究结论对制定符合我国当前情况的环境规制政策、实现产业结构升级有重要参考价值。

(1) 依据不同环境规制在推动产业结构升级过程中的差异，政府需了解每种环境规制的利弊，依据具体情况选择最合适的环境规制形式，不以环境规制实施强度的高低来判断环境规制的好坏，科学组合多种环境规制，在发挥各种环境规制优势的同时实现互补，实现环境规制效果最大化。

(2) 命令控制型环境规制可以在较短时间内取得较为明显的实施成效，但由于命令控制型环境规制的强制性较强，实施过程中灵活性较差，同时随着规制时间的推移加重企业负担，实施效果难以长时间维持，不利于产业结构的升级，应减少使用。相较而言，其他两类环境规制效果较好。激励型环境规制更灵活，企业可以依据自身具体情况达到环境规制标准，但需要完善的市场体系支撑相关交易，因此应加快相关市场改革，完善环境、污染交易的相关法律法规，为企业进行交易创造良好环境，发挥其推动产业结构升级的关键作用。而公众参与型有比其他两类环境规制更低的实施成本，企业也有更多自主选择权，对产业结构的升级有积极作用，但积极推动作用不及激励型环境规制，因此政府应加大环境知识的宣传教育力度，逐步增强公众的环保意识，提升环保组织和公众参与环境保护的积极性，建立和完善公众参与环境监督的机制体系，疏通公众监督渠道，同时实现环境保护和产业结构升级。

(3) 环境规制不仅对本地产业结构升级产生影响，也通过空间溢出效应影响邻近地区，并且有十分显著的作用，因此，在选择环境规制工具时也要认真考虑空间溢出效应。地区之间不统一的环境规制标准可能会导致“搭便车”现象的出现，企业选择通过迁移到环境规制较弱地区的方式来应对环境规制，因此，需要通过建立和完善各地区环境规制政策的协调机制，各地区达成共识选择合适的环境规制工具和实施力度，在对本地产业结构升级产生积极作用的同时，最大限度有益于邻近地区产业结构的升级，减少“搭便车”现象，引导产业结构升级。

参考文献:

- [1]Zhang G X,Zhang P D,Zhang Z G, et al. Impact of environmental regulations on industrial structure upgrading:An empirical study on Beijing-Tianjin-Hebei region in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 238:117-848.
- [2]Feng M,Li X Y. Evaluating the efficiency of industrial environmental regulation in China:A three-stage data envelopment analysis approach[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 242:118-535.
- [3]Mao W X,Wang W P,Sun H F. Driving patterns of industrial green transformation:A multiple regions case learning from China[J]. Science of the Total Environment, 2019, 697:134-134.
- [4]Zhou Q,Zhang X L,Shao Q L, et al. The non-linear effect of environmental regulation on haze pollution:Empirical evidence for 277 Chinese cities during 2002-2010[J]. Journal of environmental management, 2019, 248:109-274.

-
- [5]毛建辉, 管超. 环境规制、政府行为与产业结构升级[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2019(3): 1-10.
- [6]程晨, 李贺. 环境规制与产业结构调整: 一个非线性关系验证[J]. 河南社会科学, 2018(8): 84-89.
- [7]江小国, 张婷婷. 环境规制对中国制造业结构优化的影响——技术创新的中介效应[J]. 科技进步与对策, 2019(7): 68-77.
- [8]吴敏洁, 徐常萍, 唐磊. 环境规制与制造业产业结构升级——影响机理及实证分析[J]. 经济体制改革, 2019(1): 135-139.
- [9]周柯, 王尹君. 环境规制、科技创新与产业结构升级[J]. 工业技术经济, 2019(2): 137-144.
- [10]孙玉阳, 宋有涛, 王慧玲. 环境规制对产业结构升级的正负接替效应研究——基于中国省际面板数据的实证研究[J]. 现代经济探讨, 2018(5): 86-91.
- [11]时乐乐, 赵军. 环境规制、技术创新与产业结构升级[J]. 科研管理, 2018(1): 119-125.
- [12]王小宁, 周晓唯, 张夺. “丝绸之路经济带”国际贸易、环境规制与产业结构调整实证分析[J]. 统计与决策, 2017(19): 170-172.
- [13]周荣蓉. 环境规制对安徽省产业结构优化升级的影响——基于安徽省 16 个地市的实证分析[J]. 华东经济管理, 2017(10): 16-20.
- [14]卫平, 余奕杉. 环境规制对制造业产业结构升级的影响——基于省级动态面板数据的系统 GMM 分析[J]. 经济问题探索, 2017(9): 144-152.
- [15]程中华, 李廉水, 刘军. 环境规制与产业结构升级——基于中国城市动态空间面板模型的分析[J]. 中国科技论坛, 2017(2): 66-72.
- [16]李晓英. FDI、环境规制与产业结构优化——基于空间计量模型的实证[J]. 当代经济科学, 2018(2): 104-113.
- [17]逯进, 王晓飞, 刘璐. 低碳城市政策的产业结构升级效应——基于低碳城市试点的准自然实验[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2020(2): 104-115.
- [18]李强, 丁春林. 环境规制、空间溢出与产业升级——来自长江经济带的例证[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2019(1): 17-28.
- [19]游达明, 张杨, 袁宝龙. 财政分权与晋升激励下环境规制对产业结构升级的影响[J]. 吉首大学学报(社会科学版), 2019(2): 21-32.
- [20]袁嘉琪, 卜伟. 环境规制对北京市产业升级的影响[J]. 城市问题, 2017(7): 74-84.
- [21]王文哲, 孔庆洋, 郭斌. 中部地区环境规制的产业结构调整效应分析[J]. 地域研究与开发, 2020(1): 19-23.
- [22]杨骞, 秦文晋, 刘华军. 环境规制促进产业结构优化升级吗?[J]. 上海经济研究, 2019(6): 83-95.

[23]李虹, 邹庆. 环境规制、资源禀赋与城市产业转型研究——基于资源型城市与非资源型城市的对比分析[J]. 经济研究, 2018(11): 182-198.

[24]时乐乐. 环境规制对中国产业结构升级的影响研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2017.

[25]郑加梅. 环境规制产业结构调整效应与作用机制分析[J]. 财贸研究, 2018(3): 21-29.

[26]高明, 陈巧辉. 不同类型环境规制对产业升级的影响[J]. 工业技术经济, 2019(1): 91-99.

[27]刘满凤, 陈梁, 廖进球. 环境规制工具对区域产业结构升级的影响研究——基于中国省级面板数据的实证检验[J]. 生态经济, 2020(2): 152-159.