

高技术产业集聚、环境规制对生态效率的影响

——来自中国区域发展的经验证据

姜启波^{1, 2} 谭清美²¹

(1. 南京审计大学 经济学院, 江苏 南京 211815;

2. 南京航空航天大学 经济与管理学院, 江苏 南京 210016)

【摘要】: 区域生态效率的提升是实现经济可持续发展和生态优化的重要途径, 而高端产业集聚和环境规制是影响生态效率的重要因素。文章利用 2007—2017 年 30 个省份的面板数据, 实证分析了高技术产业集聚、环境规制以及两者协同对区域生态效应的影响。研究表明, 高技术产业集聚和环境规制均能改善区域生态环境, 而高技术产业集聚和环境规制的协同对生态效率的提升作用更加显著。进一步研究还发现, 高技术产业集聚和环境规制的生态效应存在明显的空间差异, 高技术产业集聚在中西部地区对生态效率的提升作用更明显, 而环境规制在东部地区更有效。研究结论对提升区域生态效率、实现可持续发展具有一定的政策启示。

【关键词】: 高技术产业 产业集聚 环境规制 区域生态效率

【中图分类号】: F264.2; F205 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1007-5097 (2021) 03-0086-07

一、引言及综述

改革开放以来, 中国经济发展规模急剧扩张, 极大促进了产业集聚的形成^[1]。产业集聚体现了经济发展的空间分布特征, 是推动经济发展的重要引擎和增长极^[2]。然而, 在推动经济发展的同时, 产业集聚也带来了区域发展差异和环境污染等问题^[3], 这对中国可持续发展提出了严峻的考验。在可持续发展的浪潮下, 兼顾经济效益和环境效益的发展模式受到各国的青睐, 绿色、低碳和生态发展也成为政府和学者共同关注的热点问题。

发展实践和理论研究结果表明, 产业集聚有效推动了经济增长^[4]。然而, 关于产业集聚对环境污染的影响, 当前研究尚未形成一致结论。关于产业集聚对环境污染影响的研究主要有以下三种观点: 一是产业集聚对环境污染具有正外部效应。产业集聚具有规模效应, 有利于知识溢出和新技术的推广, 能够提高能源利用效率, 进而改善环境污染^[5-6]。二是产业集聚对环境污染具有负外部效应。产业集聚通常会导致产能、城市和人口规模扩张, 大大增加了能源消耗, 加剧了地区的环境污染^[7-8]。三是产业集聚与环境污染的关系不能确定。环境污染受众多因素影响, 而产业集聚对环境污染的影响取决于正外部效应和负外部效应的对比^[9-10]。

作者简介: 姜启波 (1982-), 男, 江苏连云港人, 讲师, 硕士, 研究方向: 区域发展, 产业创新;
谭清美 (1961-), 男, 山东潍坊人, 教授, 博士生导师, 博士, 研究方向: 产业创新, 军民融合。

基金项目: 江苏省高校哲学社会科学基金项目“江苏中高端产业集聚与生态效率提升路径研究”(2019SJA0339); 江苏省社会科学基金项目“高质量发展下异质制造企业绿色创新的技术选择机制与激励政策研究”(19EYA002); 国家社会科学基金项目“智能生产与服务网络体系中军民融合产业联盟运行机制研究”(19AGL003)

当前，环境规制被认为是最有效的解决环境污染的途径。环境规制可以保护生态环境，促进可持续发展。因此，中国政府将“生态文明建设”上升为国家战略，并制定了一系列的环境保护政策和法规。关于环境规制对环境污染的影响，大多数学者研究认为，环境规制鼓励企业引进先进的生产技术^[11]，通过罚款和关闭高污染企业^[12]，来提高企业污染环境的成本，进而改善了环境污染问题^[13]；也有研究认为，可以转移高污染产业到欠发达地区来规避环境规制的约束^[14-15]，因而导致环境规制的失灵。

生态效率强调经济效益和环境效益的统一，要求既要满足当前经济发展的目标，又要保护生态环境，方能实现可持续发展。因此，研究产业集聚和环境规制对生态效率的影响，对促进经济增长、减少环境污染、加快生态文明建设具有重要的现实意义。然而，当前国内外学者的研究焦点主要集中在产业集聚、环境规制对环境污染的影响上，关于产业集聚和环境规制对生态效率影响的研究很少。针对上述问题，本文从区域生态效率的视角，研究高技术产业集聚、环境规制以及两者协同对生态效率的影响作用。本文研究的边际贡献主要有三个：一是从微观视角研究高技术产业集聚对生态效率的影响，丰富了生态效率研究的文献；二是初步探讨了产业集聚与环境规制协同对区域生态效率的影响；三是考虑地区的空间异质性，分地区研究高技术产业集聚和环境规制对生态效率影响的空间差异性。

二、模型设计及数据来源

（一）模型设计

本文研究的目的是为了验证高技术产业集聚和环境规制对生态效率的影响。借鉴 Dietz & Rosa(1994) 提出的 STIRPAT 模型^[16]，实证模型设计如下：

$$\begin{aligned}
 EE_{i,t} = & \alpha_0 + \alpha_1 AG_{i,t} + \alpha_2 ER_{i,t} + \alpha_3 AG_{i,t} ER_{i,t} + \\
 & \alpha_4 \ln GDP_{i,t} + \alpha_5 \ln POP_{i,t} + \alpha_6 \ln IDS_{i,t} + \\
 & \alpha_7 ECS_{i,t} + \alpha_8 \ln FDI_{i,t} + \alpha_9 \ln TEC + \\
 & \beta Year + \varepsilon_{i,t}
 \end{aligned} \tag{1}$$

其中：EE 是区域生态效率；AG 是高技术产业集聚水平；ER 是环境规制强度；lnGDP 是经济发展水平；lnPOP 是人口规模；lnIDS 是第三产业发展水平；ECS 是能源消费结构；lnFDI 是对外开放程度；lnTEC 是技术发展水平。为了避免数据的异常波动对实证结果的影响，本文分别对 GDP、POP、IDS、FDI 和 TEC 取自然对数。

（二）变量选择

1. 被解释变量

被解释变量为区域环境效率。环境效率是评价区域经济和环境可持续发展的重要指标^[17]，它不能直接被观察，而只能通过综合计算获取。超效率 DEA 模型由 Andersen 等于 1993 年提出^[18]，该模型考虑了松弛变量和非期望产出能够很好地测量单个决策单元的效率 (decision making unit, DMU)。因此，本文使用超效率 DEA 模型评价 30 个省的区域生态效率，模型如下：

$$\begin{aligned}
& \min [\theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)] \\
& \text{s.t. } \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta X_0 \\
& \quad \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n Y_j \lambda_j - s_r^+ = Y_0 \\
& \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, k-1, k, \dots, n; \\
& \quad \lambda_j \geq 0; s_i^- \geq 0; s_r^+ \geq 0
\end{aligned} \tag{2}$$

其中： X_{ij} 是单个决策单元的投入要素； Y_j 是单个决策单元的产出要素； s_i^- 是第 i 个投入要素的松弛变量； s_r^+ 是第 r 个产出要素的松弛变量； θ 是每个决策单元的效率值。

为了测算生态效率水平，需要构建多维投入产出指标体系。区域生态效率的评价指标体系包括投入指标和产出指标，产出指标又包括期望产出和非期望产出。创新是可持续发展的强大驱动力，可以促进绿色发展和民生改善，有效降低环境污染，进而提升生态效率^[19-20]。依据可持续发展的内涵，投入指标有土地、资本、劳动力、能源、水资源和 R&D 投入^[21-22]；期望产出是各个省份 GDP 增加值和创新产出（使用每年新增授权专利数表示）；非期望产出包括废水排放总量、废气排放总量和固体废弃物排放总量^[23]。

2. 主要解释变量

(1) 高技术产业集聚水平。当前，衡量产业集聚的指标主要有区位熵、空间集聚指数、产业密度指数、赫芬达尔—赫希曼指数和空间基尼系数，这些指标均有一定的优点和不足。为了客观反映地理要素的空间分布，消除区域规模差异，本文选用区位熵计算高技术产业集聚水平^[24-25]。公式如下：

$$AG_{ij} = \frac{U_{ij} / \sum_i U_{ij}}{\sum_j U_{ij} / \sum_i \sum_j U_{ij}} \tag{3}$$

其中： U_{ij} 是 j 地区 i 产业的产出指标； $\sum_i U_{ij}$ 是 j 地区所有产业的产出指标； $\sum_j U_{ij}$ 是全国 i 产业的产出指标； $\sum_i \sum_j U_{ij}$ 是全国所有产业的产出指标。

(2) 环境规制强度。关于环境规制强度的测算，当前学术研究依然存在较大差异。借鉴 Domazlicky 等（2004）和周长富等（2016）做法^[26-27]，本文用环境污染程度的倒数表示环境规制的强度。环境污染程度越高，则表明该地区的环境规制强度越低；环境污染程度越低，说明该地区的环境规制强度越高。二氧化硫排放是空气污染和酸雨的最主要来源，也是中国“十三五”生态环境保护规划中强制减排的主要污染物之一。因此，本文使用单位 GDP 二氧化硫排放量的倒数作为环境规制强度的代理变量。

3. 控制变量

参考已有文献^[13, 28-30]，本文选择经济发展水平、人口规模、第三产业发展水平、能源消费结构、对外开放程度和技术发展水

AG	高技术产业集聚指数，通过区位熵方法计算获得	330	0.013	2.927	0.695	0.682
ER	环境规制，每单位 GDP 二氧化硫排放量的倒数	330	0.002	0.773	0.039	0.062
AG×ER	产业集聚与环境规制的交互作用，用 AG*ER 表示	330	0.000	0.657	0.038	0.075
lnGDP	经济发展水平，GDP 增加值的自然对数	330	6.474	11.300	9.360	0.938
lnPOP	人口规模，年底常住人口的自然对数	330	6.306	9.306	8.175	0.746
lnIDS	产业发展水平，第三产业增加值的自然对数	330	5.518	10.647	8.480	0.982
ECS	能源消费结构，煤炭消费占能源消费总量的比例	330	0.765	0.928	0.859	0.036
lnFDI	对外开放程度，实际利用外资规模的自然对数	330	7.205	13.293	10.260	1.397
lnTEC	技术发展水平，授权发明专利的自然对数	330	3.135	10.620	7.234	1.970

三、实证结果与讨论

(一) 回归结果

表 2 汇报了高技术产业集聚、环境规制及两者协同对区域生态效率的影响。在控制了时间效应后，模型中的 P 值和 R^2 均显著有效，表明模型设置合理。从单因素效应来看，高技术产业集聚水平的回归系数为 0.084，在 5% 的水平上显著，表明高技术产业集聚促进了区域生态效率的改善，这与中国经济发展情况是相符合的。当前，中国经济发展已迈入新常态，各省级政府根据国家要求，实施创新驱动发展战略，加强供给侧改革的同时，不断推动产业结构优化升级，鼓励高技术产业园区的建设和发展，促进了高技术产业集聚的形成。高技术产业主要由知识和技术密集、资源和能量消耗少的科技型企业组成，产业集聚可以产生规模效应和技术溢出效应，具有较高的正外部性，在很大程度上降低了能源消耗和污染排放，保护了生态环境，提升了区域生态效率。环境规制强度与区域生态效率显著正相关，相关系数为 0.882，表明环境政策在降低环境污染与保护生态环境方面是有效的。中国经济的飞速发展带来了较为严重的环境污染，导致生态环境不断恶化，这引起了中国政府和人民的高度重视。为了保护和改善生态环境，中国政府提出了构建“两型社会”和加强“生态文明”建设的宏观战略，并制定了一系列的微观环境保护政策和法令，这些环境规制在遏制环境污染、改善生态环境方面起到了较好的制度保障作用。从协同效应来看，高技术产业集聚和环境规制的叠加对生态效率改善作用更加明显，相关系数为 1.837，在 1% 的水平上显著。这表明高技术产业的正外部性和环境规制的高约束性相互叠加，产生了更加明显的生态环境效应，对生态效率的改善作用远远大于高技术产业集聚和环境规制的单因素效应。

在控制变量方面，区域经济发展水平、第三产业发展水平和技术发展水平均对区域生态效率有正向影响，这表明经济发展水平越高，政府对环境保护越重视，企业的环保意识也就越强，区域生态效率往往也就越高。第三产业发展水平和技术发展水平在很大程度上决定了能源消耗总量和能源利用效率，因此第三产业发展水平和技术发展水平高的地区，生态效率自然也就高。人口规模和能源消费构成与生态效率呈负相关关系，也即人口规模大，容易导致“城市病”，化石能源消耗占比高，环境污染排放自然高，区域生态效率不高也就不难理解。此外，由于 FDI 的规模、结构和技术叠加效应不明显，FDI 的流入对中国区域生态效率的影响不显著。

表 2 回归结果

变量	EE	EE	EE
AG	0.084*** (0.073)		0.136*** (0.057)
ER		0.882** (0.304)	1.162*** (0.459)
AG×ER			1.837*** (0.790)
lnGDP	0.111** (0.091)	0.112** (0.045)	0.104*** (0.044)
lnPOP	-0.533*** (0.080)	-0.536*** (0.035)	-0.530*** (0.040)
lnIDS	0.371*** (0.022)	0.403*** (0.017)	0.373*** (0.023)
ECS	-1.710*** (0.626)	-1.915*** (0.471)	-1.785*** (0.468)
lnFDI	0.032 (0.048)	0.035* (0.021)	0.042 (0.021)
lnTEC	0.065*** (0.041)	0.061** (0.025)	0.063* (0.028)
Year	Control	Control	Control
R ²	0.737	0.738	0.749
P	0.000	0.000	0.000

注：括号内为稳健标准误；***、**和*分别表示在 1%、5%和 10%的水平下显著。下同。

（二）稳健性和内生性检验

1. 稳健性检验

本文使用替代变量法，检验产业集聚和环境规制对区域生态效率影响的稳健性。首先，借鉴 Ciccone & Hall(2002)的做法^[31]，使用单位土地面积产值密度（AG1）或就业人员密度（AG2）来衡量产业集聚水平，当单位土地面积上高技术产业产值密度或产业就业人员密度越高，表明高技术产业集聚水平就越高；其次，借鉴 Antweiler & Copeland(2001)的做法^[32]，使用人均GDP 增加值（ER1）作为环境规制的代理变量，它表示随着人均收入的不断提高，人们的环境保护意识会逐渐增强，因而环境规制就会更强。使用产业集聚和环境规制的替代变量，分别做回归检验，表 3 中的回归结果显示，高技术产业集聚水平、环境规制强度及两者协同与生态效率的相关关系均显著为正。因此，高技术产业集聚水平、环境规制强度及两者协同对区域生态效率的影响是稳健的，也即有利于改善区域生态效率。

表 3 稳健性检验结果

变量	EE	变量	EE	变量	EE
----	----	----	----	----	----

AG1	0.152** (0.061)	AG2	0.002** (0.001)	AG	0.087** (0.041)
ER	0.818*** (0.291)	ER	0.849*** (0.117)	ER1	2.435*** (1.014)
AG1×ER	1.191** (0.448)	AG2×ER	0.013*** (0.006)	AG×ER1	0.009** (0.003)
Year	Control	Year	Control	Year	Control
R ²	0.740	R ²	0.740	R ²	0.741
P	0.000	P	0.000	P	0.000

2. 内生性讨论

由于生态效率高的地区往往是经济发达地区，可能会对高技术产业具有一定的吸引力并产生集聚效应，这种逆向因果关系的存在会导致估计结果有偏且不可信。此外，选择性偏误和遗漏变量偏误的存在，也会引致内生性问题。因此，本文采用工具变量法进行内生性问题检验。

已有研究表明，政府通过税收减免和优惠税率等低税收政策吸引区域内企业，起到促进产业集聚的作用，以达到区域经济发展的目的^[33]。此外，政府可以通过环境保护税收的形式，强制对环境污染行为征收税费，提高企业污染环境的成本，进而降低环境污染的程度，间接影响区域生态环境^[34]。因此，本文选用单位企业的税收作为工具变量（TR），分析产业集聚和环境规制可能存在的内生性问题，表4报告了工具变量的回归结果。不可识别检验中 Kleibergen-Paaprk LM statistic 对应的 P 值为 0.004，远远小于临界值 0.1，所以强烈拒绝不可识别的原假设，表明模型中不存在工具变量无法识别的问题。弱工具变量检验中 Wald F 统计值是 12.518，大于经验临界值 10，因而可以拒绝弱工具变量的原假设，这表明模型中不存在弱工具变量问题。回归结果显示，税收与高技术产业集聚显著负相关，这说明低税收政策促进了高技术产业集聚的形成；税收与环境规制显著正相关，这表明企业因环境污染被征收的税费越高，环境规制强度就越高。在加入工具变量和控制了时间效应后，高技术产业集聚、环境规制和两者协同对生态效率的影响依然稳健，与上文的结论一致。

表4 工具变量检验结果

变量	AG	ER	EE
AG			0.144*** (0.047)
ER			1.541*** (0.501)
AG×ER			1.579** (0.663)
TR	-0.623*** (0.134)	0.184*** (0.056)	
Year	Control	Control	Control
Wald F statistic			12.518
Kleibergen-Paaprk LM statistic			0.004

（三）进一步研究

由于历史和地理区位等因素，中国东部地区经济高度发达，而中西部地区经济较为落后，两者差距急剧扩大，这已经成为一个长期困扰中国经济和社会健康发展的全局性问题。为了加强民族团结，维护社会稳定，加快中西部发展，促进各地区经济协调发展，最终实现共同富裕，中国政府于2000年开始实施西部大开发战略。那么，高技术产业集聚和环境规制对两个地区生态效率的影响是否有不同呢？为了检验高技术产业集聚和环境规制对东部地区和中西部地区影响的差异，本文将30个省份分为东部和中西部两个地区进行回归分析，表5报告了回归结果。结果显示，高技术产业集聚和环境规制对生态效率的影响具有显著的地区差异。中西部地区高技术产业集聚以及高技术产业集聚与环境规制协同的生态效应明显高于东部地区，表明西部大开发战略实施以来，中西部地区逐渐转变了发展理念，避免步入“先污染再治理”的发展老路子，提倡绿色可持续发展，制定相应的环境规制和产业政策，鼓励高新技术产业和战略性新兴产业的发展与集聚，直接嵌入全球价值链的中高端，因而中西部地区的高技术产业集聚以及高技术产业集聚与环境规制协同对生态效率的影响更加明显。而在环境规制对生态效率的影响方面，由于东部地区经济发达，高技术产业集聚的边际生态效应可能已经很低，再加上发达地区更加重视环境保护，因而环境规制在东部地区的生态效应明显高于中西部地区。

表5 区域差异分析回归结果

变量	EE (East)	EE (Middle and West)
AG	0.106* (0.064)	0.217*** (0.059)
ER	1.578*** (0.458)	0.213 (0.729)
AG×ER	1.569*** (0.527)	2.204* (1.117)
lnGDP	0.875*** (0.204)	0.192*** (0.026)
lnPOP	-1.139*** (0.173)	-0.249*** (0.052)
lnIDS	0.573*** (0.058)	0.207*** (0.036)
ECS	-4.173*** (0.960)	-1.080*** (0.333)
lnFDI	-0.218*** (0.057)	-0.054** (0.026)
lnTEC	-0.242*** (0.079)	-0.001 (0.022)
Year	Control	Control
R ²	0.770	0.740
P	0.000	0.000

四、结论和政策启示

（一）研究结论

本文利用《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》的统计数据，通过超效率DEA模型和区位熵方法，测算了2007—2017年我国30个省份区域生态效率和高技术产业集聚水平，然后研究了高技术产业集聚、环境规制以及两者协同对生态效率的影响，得到以下几点结论：首先，在单因素效应方面，高技术产业集聚和环境规制均能改善区域生态效率；其次，在因素协同效应方面，高技术产业集聚和环境规制协同对区域生态效率的改善作用更加明显。进一步研究还发现，中西部地区的高技术产业集聚以及高技术产业集聚与环境规制协同对生态效率的影响比东部地区更加明显，而东部地区环境规制的生态效应比中西部地区显著。

（二）政策启示

依据上述研究结论，可以得到以下政策启示：

首先，为了实现生态发展，直接嵌入全球价值链的中高端，政府应制定完善的产业政策，加快高新技术产业发展，促进产业集聚的形成。

其次，在追求经济发展规模的同时，需要更加注重发展质量和效率。政府应转变发展理念，注重环境保护和生态优化，配以相应的环境规制，保障经济绿色可持续发展。

最后，由于高技术产业集聚和环境规制的生态效应存在明显的地区差异，在中西部地区应以差异化的产业政策鼓励高新技术产业的大力发展，而在东部地区实施更加严格的环境政策，这样可以在更大程度上发挥高技术产业集聚和环境规制的生态效益作用，有利于保障西部大开发战略的成功实施，进而实现又好又快的区域协同发展和共同富裕。

参考文献：

- [1]杨洪焦，孙林岩，吴安波. 中国制造业聚集度的变动趋势及其影响因素研究[J]. 中国工业经济，2008(4):64-71.
- [2]茅锐. 企业创新，生产力进步与经济收敛：产业集聚的效果[J]. 金融研究，2017(8):83-99.
- [3]张可，汪东芳. 经济集聚与环境污染的交互影响及空间溢出[J]. 中国工业经济，2014(6):70-82.
- [4]高风莲，段会娟. 产业集聚与经济增长研究综述[J]. 科技进步与对策，2010, 27(24):147-150.
- [5]周锐波，石思文. 中国产业集聚与环境污染互动机制研究[J]. 软科学，2018, 32(2):30-33.
- [6]LIU J, CHENG Z, ZHANG H. Does Industrial Agglomeration Promote the Increase of Energy Efficiency in China?[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 164(6):30-38.
- [7]肖周燕，沈左次. 人口集聚、产业集聚与环境污染的时空演化及关联性分析[J]. 干旱区资源与环境，2019, 33(2):1-8.
- [8]LIU S, ZHU Y, DU K. The Impact of Industrial Agglomeration on Industrial Pollutant Emission: Evidence from China Under New Normal[J]. Clean Technologies and Environmental Policy, 2017, 19(9):2327-2334.
- [9]王兵，聂欣. 产业集聚与环境治理：助力还是阻力——来自开发区设立准自然实验的证据[J]. 中国工业经济，2016(12):75-89.

-
- [10]WANG Y S, WANG J. Does Industrial Agglomeration Facilitate Environmental Performance: New evidence from Urban China?[J]. *Journal of Environmental Management*, 2019, 248(7) :1-11.
- [11]CHENG Z, LI L, LIU J. The Emissions Reduction Effect and Technical Progress Effect of Environmental Regulation Policy Tools[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 149(Complete) :191-205.
- [12]GUO L, WANG Y. How Does Government Environmental Regulation “Unlock” Carbon Emission Effect?: Evidence from China[J]. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 2016(3) :56-65.
- [13]ZHANG K, XU D, LI S. The Impact of Environmental Regulation on Environmental Pollution in China: An Empirical Study Based on the Synergistic Effect of Industrial Agglomeration[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26(25) :75-88.
- [14]DEAN J M, LOVELY M E, WANG H. Are Foreign Investors Attracted to Weak Environmental Regulations? Evaluating the Evidence from China[J]. *Journal of Development Economics*, 2009, 90(1) :1-13.
- [15]任小静, 屈小娥, 张蕾蕾. 环境规制对环境污染空间演变的影响[J]. *北京理工大学学报 (社会科学版)*, 2018, 104(1) :7-14.
- [16]DIETZ T, ROSA E A. Rethinking the Environmental Impacts of Population, Affluence and Technology[J]. *Human Ecology Review*, 1994, 1(2) :277-300.
- [17]FET A M. Eco-efficiency Reporting Exemplified by Case Studies[J]. *Clean Technologies & Environmental Policy*, 2003, 5(3/4) :232-239.
- [18]ANDERSEN P, PETERSEN N C. A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis[J]. *Management Science*, 1993, 39(10) :1261-1264.
- [19]王伟中. 科技创新促进中国可持续发展[J]. *中国人口: 资源与环境*, 2012(8) :1-2.
- [20]SU Y, AN X L. Application of Threshold Regression Analysis to Study the Impact of Regional Technological Innovation Level on Sustainable Development[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, 89(6) :27-32.
- [21]HALKOS G E, TZEREMES N G. Public Sector Transparency and Countries’ Environmental Performance: A Nonparametric Analysis. *Resour. Energy Econ*, 2014a, 38(6) :19-37.
- [22]CHEN L, JIA G. Environmental Efficiency Analysis of China’s Regional Industry: A Data Envelopment Analysis (DEA) Based Approach. *J. Clean. Prod*, 2017, 142(1) :846-853.
- [23]KOUNETAS K, ZERVOPOULOS P D. A Cross-country Evaluation of Environmental Performance: Is There a Convergence-divergence Pattern in Technology Gap[J]. *European Journal of Operational Research*, 2019, 273(3) :136-148.
- [24]DONOGHUE D, GLEAVE B. A Note on Methods for Measuring Industrial Agglomeration[J]. *Regional Studies*, 2004, 38(4) :

[25]王子龙, 谭清美, 许箫迪. 高技术产业集聚水平测度方法及实证研究[J]. 科学学研究, 2006(5):68-76.

[26]DOMAZLICKY B R, WEBER W L. Does Environmental Protection Lead to Slower Productivity Growth in the Chemical Industry?[J]. Environmental and Resource Economics, 2004, 28(3):301-324.

[27]周长富, 杜宇玮, 彭安平. 环境规制是否影响了我国 FDI 的区位选择?——基于成本视角的实证研究[J]. 世界经济研究, 2016(1):110-120

[28]董直庆, 王辉. 环境规制的“本地-邻地”绿色技术进步效应[J]. 中国工业经济, 2019, 370(1):104-122.

[29]袁华锡, 刘耀彬, 胡森林, 等. 产业集聚加剧了环境污染吗?——基于外商直接投资视角[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(4):58-68.

[30]SHEN J, WEI Y D, YANG Z. The Impact of Environmental Regulations on the Location of Pollution-intensive Industries in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 148(2):785-794.

[31]ANTONIO C. Input Chains and Industrialization[J]. The Review of Economic Studies, 2002, 69(3):565-587.

[32]ANTWEILER W, COPELAND B R, TAYLOR M S. Is Free Trade Good for the Environment?[J]. Social Science Electronic Publishing, 2001, 91(4):877-908.

[33]王永培, 晏维龙. 产业集聚的避税效应——来自中国制造业企业的经验证据[J]. 中国工业经济, 2014(12):57-69.

[34]徐欣欣. 环境保护税能实现“减污”和“增长”么?——基于中国排污费征收标准变迁视角[J]. 中国人口·资源与环境, 2019(6):130-137.