

偏向性技术进步的污染减排效应研究

——基于产业结构升级的视角

殷晓彦¹ 崔占峰²¹

(1. 烟台理工学院 经济管理学院, 山东 烟台 264005;

2. 烟台大学 经济管理学院, 山东 烟台 264005)

【摘要】: 技术进步是否能够降低污染物排放量并促进生态环境污染治理水平的提高, 是新时期我国经济发展所必须探究的重要问题。这一作用与技术进步的有偏性密切相关。论文从宏观角度入手, 选取 2003—2017 年我国 30 个省级行政区的面板数据, 考察了偏向性技术进步对生态环境污染治理影响及作用机制。实证结果表明: 地区技术偏向性进步指数的提高显著减少了污染物排放量, 提高了生态环境污染治理水平, 且这一结果在不同区域间未见差异。多元中介效应检验证明, 这一促进作用通过促进产业结构合理化与高级化实现。考虑稳健性问题后, 上述结论依然成立。

【关键词】: 偏向性技术进步 产业升级 污染减排 生态环境污染治理

【中图分类号】: F062.4; X5 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2022)06-208-09

1 引言及文献综述

改革开放以来, 经过 40 多年的经济飞速增长, 我国已成为世界上第二大经济体。工业增加值年均增长率达到 11.5%。一方面, 传统的经济发展方式带来了经济发展的“中国速度”, 另一方面, 这种粗放式发展忽略了环境污染、废物排放与生态环境治理等尖锐问题。在经济快速发展的过程中, 每年环境污染所带来的经济损失可以占到 GDP 的 15%^[1]。习近平总书记指出, 我国的经济不能只要金山银山, 不要绿水青山, “因为绿水青山就是金山银山”。在这一历史背景下, 党的十八大首次提出了“美丽中国”这一概念。2015 年, 党中央提出了“创新、协调、绿色、开放、共享”新发展理念。党的十九大对生态文明建设又做出了新的部署和要求, 强调推进绿色发展, 贯彻生态文明观。通过加强环境保护、适度开采自然资源等手段, 促进经济环境共同发展。可以看出, 环境友好型的绿色发展将是新时期我国经济发展的主方向。这一发展方式的核心要点在于提升绿色发展效率, 即在实现经济增长的同时, 通过实现生产资源的合理利用达到减少污染物排放的目的。

有哪些因素影响了环境污染程度?国内外学者对这一问题进行了大量的探讨。Grossman & Krueger^[2]认为, 由于库兹涅茨曲线的存在, 人均收入与生态环境污染之间存在着“U”型曲线关系。但这一结论并不完全适用于发展中国家。Jalil & Feridun^[3]的研究发现, 金融行业的发展水平与污染物的排放水平有着显著的关系, 由于金融行业的发展有利于企业引进清洁生产技术与投入研发资金, 金融发展水平的提高显著降低了污染物的排放量。Liu 等^[4]的研究表明, 我国第三产业的发展与生态环境污染治

作者简介: 殷晓彦, 硕士, 副教授, 研究方向为生态化城镇建设。E-mail: xiaoyan820928@126.com

基金项目: 山东省社会科学联合会人文社会科学课题“新旧动能转换下山东省生态化城镇建设研究”(18-ZC-GL-09)

理水平的提高息息相关。国内学者也就这一问题进行了探究。蔡昉等^[5]的研究表明,我国人均收入水平与环境污染之间的关系类似于 Grossman & Krueger^[2]的研究,但未发现环境污染与经济增长方式之间是否有着因果联系。此外,对外开放也会影响一国的生态环境水平。由于“污染避风港”效应的存在,发达国家往往会将生产中的高污染环节转移到发展中国家进行,使得发展中国家进行污染密集型生产^[6]。

技术创新是减少环境污染,提高区域生态环境智力水平的重要手段。而早期的研究中,往往更注重技术创新如何影响了经济增长^[7]而忽略了技术创新与环境保护之间的关系。近年以来相关的研究偶有出现,但多集中于理论研究,如宋德勇等^[8]的研究阐述了技术进步对低碳化发展的关键性推动作用,但相关分析并未阐明具体的影响机理以及可能存在的多种影响结果。更重要的是,以上文献的分析过程忽略了技术进步的偏向性,而后者在与气候环境相关的经济学前沿研究中被认为是“经济—环境”系统的关键性和内生性影响因素^[9]。基于此,本文聚焦于偏向性技术进步与生态环境污染治理的关系,探究了偏向性技术进步对生态环境污染治理的影响及作用机制。本文之后部分分别为理论假设、模型及变量设定、实证结果与分析,最后为结论。

2 理论假设

已有众多国家和地区的发展经验验证了:经济发展总是伴随着环境问题的加重^[10]。随着人类活动对地球生态环境破坏形式的日益严峻,创新与可持续发展理念引起了学术界的重视。人们逐渐意识到通过技术进步改善生态环境、提高生态环境污染治理水平的重要性。Schot 等^[11]的研究表明,只有通过技术进步才能实现抑制环境污染,提高生态环境智力水平,实现经济的可持续发展。那么,技术进步如何对环境污染产生影响?Grossman & Krueger^[12]认为,技术进步与环境状况息息相关,并且技术进步对环境污染状况的改善有显著的正向作用。Chiou 等^[13]也发现,绿色偏向型技术进步能够有效减少污染物排放。一方面,技术进步会提高企业的全要素生产率,改善企业的经营绩效^[14],使企业在实现相同产出水平的前提下废物排放量显著下降;另一方面,由于环境规制的存在,偏向性技术进步会改善企业的生产技术,促使企业转变其短视行为,在追求经营绩效的同时注重环保因素,降低环境污染水平。由此,我们得出了本文的第一个假设:

假设 1: 偏向性技术进步会减少环境污染,提高生态环境污染治理水平。

那么,偏向性技术进步通过何种途径对环境污染造成了影响呢?随着我国经济发展进入新常态,合理配置生产要素,淘汰高耗能、高污染的落后产能,积极发展绿色工业与第三产业成为社会共识。而产业结构的转型升级对污染物排放有着至关重要的影响。最初,Grossman 的研究提出了产业结构对生态环境污染的三阶段影响。其中提道:随着产业结构向资本和技术密集型的转型升级,污染排放程度会逐渐降低。一方面,产业结构的高级化会通过减少高污染行业比重,推动高技术行业、服务业等低污染产业发展,促进要素资源的合理配置与循环利用,促进污染减排的实现,随着经济发展中心逐渐由一二产业向二三产业转变,清洁绿色生产工艺、污染物处理设备以及绿色可再生能源会不断地引入生产过程,进而促进了污染物排放量减少与生态环境治理水平的提高^[15]。另一方面,产业结构的合理化会提高生产要素利用效率,在产出一定的情况下减少资源消耗与污染排放,提高污染治理水平。

同时,技术进步是产业结构变化的基本驱动力^[16]。相关的早期文献发现:西方国家的高技术产业发展会带动经济体的产业结构进行优化升级^[17]。Lucchese^[18]的研究基于熊彼特的理论对西方发达国家技术创新与产业升级的关系进行了考察,发现技术进步在产业升级过程中起到了至关重要的作用。国内对这一问题的研究起步较晚,但也有一些基于我国现状的文献对这一问题进行了探究。早期,李健和徐海成^[19]的研究表明,技术进步显著影响了三次产业在经济中所占比重。吴继英和孙晓阳^[20]发现,技术进步显著促进了江苏地区产业升级。此外,技术创新对产业结构升级的影响存在着路径差异^[21]

与周期性特点^[22]。王士香和董直庆^[23]的研究发现:偏向性技术进步下要素技术效率不同而改变要素投入比例。一方面要素技术效率通过影响要素供需变化改变要素相对价格,从而影响要素投入比例和产出规模。另一方面,偏向性技术进步伴随机器设备的革新更替,改变资本劳动配置比例,优化产业结构。同时,偏向性技术进步改变全要素生产率。无论偏向哪一类要素,技术进

步必然提高全要素生产率，使产业结构得到优化^[24]。偏向性技术进步通过改变要素市场供求而改变要素价格，带来技能溢价。从短期看，要素价格和收入，通过需求弹性和收入效应带来需求变化。为适应人们对高品质、高技术产品的需求，通过技术和要素匹配，提供有效供给，促进产业合理化^[25]。从长期看，按照马斯洛需求层次理论，收入效应还会引导需求升级，需求多样化刺激供给做出反应，同样促进产业调整与升级。总之，偏向性技术进步始终推动着产业结构的高级化与合理化。综上，我们可以得出本文的假设 2：

假设 2a：偏向性技术进步通过推动产业结构高级化实现污染减少，提高了污染治理水平。

假设 2b：偏向性技术进步通过推动产业结构合理化实现污染减少，提高了污染治理水平。

3 模型、变量及数据说明

3.1 模型设定

(1) 基础模型。

为了检验偏向性技术进步对生态环境污染治理的影响，本文设定了模型 1：

$$Pollution_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 D_{it} + \alpha X_{it} + \mu \quad (1)$$

式中：被解释变量 $Pollution_{it}$ 表示 i 省份第 t 年的生态环境污染治理水平，分别采用固体废物排放量 ($\ln solid_{it}$)、二氧化硫排放量 ($\ln SO_{2it}$) 与废水排放量 ($\ln water_{it}$) 进行测度；核心解释变量 D_{it} 表示 i 地区在第 t 年的技术偏向性进步指数，测度方法见后文； X_{it} 为控制变量集； α_0 为常数项， α_1 是本文所关注的核心解释变量系数，预测为负； μ 为残差。

(2) 中介效应模型。

进一步，为了检验偏向性技术进步影响绿色发展效率的作用机制，本文参考温忠麟等^[26]的方法，采用多元中介效应模型，构建了模型 2、模型 3：

$$R_{it} = \beta_0 + \beta_1 D_{it} + \beta X_{it} + \mu \quad (2)$$

$$Pollution_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 D_{it} + \gamma_2 R_{it} + \gamma X_{it} + \mu \quad (3)$$

式中： R_{it} 表示中介变量，具体测度方法在后文中详细说明； β_0 为常数项； β_1 表示偏向性技术进步对中介变量的影响； γ_0 为常数项； γ_1 、 γ_2 分别表示偏向性技术进步指数和中介变量对生态环境污染治理水平的影响。

相比于单一中介变量的中介效应模型，多元中介效应模型避免了完全中介效应的检验，在多种影响路径的检验中更加科学。

3.2 变量设定

3.2.1 技术偏向性进步指数

本文借鉴戴天仕和徐现祥^[27]的方法测算技术进步偏向程度。首先，将生产函数设定为 CES 生产函数：

$$Y_t = \left[(1-\gamma)(A_{lt}L_t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \gamma(A_{kt}K_t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (4)$$

式中：Y_t为总产出水平，L_t、K_t分别为劳动要素与资本要素，γ表示资本密集度，σ表示劳动与资本之间的替代弹性，当σ∈[0, 1]时，劳动与资本为互补关系，当σ>1时，二者为替代关系。A_{lt}和A_{kt}分别表示劳动和资本的技术效率。

由上式得到资本与劳动的边际产出MP_k、MP_l，定义M_t为二者之比。

$$M_t = \frac{MP_k}{MP_l} = \frac{\gamma}{\gamma-1} \left(\frac{A_{kt}}{A_{lt}} \right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{L_t}{K_t} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (5)$$

那么，技术进步偏向指数D_t可表示为：

$$D_t = \frac{\sigma-1}{\sigma} \left(\frac{A_{lt}}{A_{kt}} \right) \frac{d \left(\frac{A_{kt}}{A_{lt}} \right)}{dt} \quad (6)$$

当D_t>0，表示资本偏向性技术进步，D_t<0，表示劳动偏向性技术进步。

3.2.2 中介变量

(1) 产业结构合理化。

产业结构合理化反映的是不同产业之间的聚合质量。一方面，产业结构合理化代表了不同产业之间的协调程度，另一方面，产业结构合理化代表了地区内生产资源有效利用的程度，表示了对投入要素与经济产出结构之间契合程度的度量。本文采用于春晖等^[28]的方法，参考泰尔提出的泰尔指数，来衡量地区产业结构合理性，计算公式如下：

$$TL_{it} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i}{Y} \right) \ln \left(\frac{\frac{Y_i}{L_i}}{\frac{Y}{L}} \right) \quad (7)$$

当经济处于均衡状态时，则有TL=0；当TL越大时，表明产业结构偏离均衡状态越严重，结构越不合理。为便于解释其经济意义，本文在模型中对这一变量进行了取倒数处理。

(2) 产业结构高级化。

产业结构高级化实际上衡量的是产业结构升级情况。而经济中服务业占比的提高是产业结构升级的重要表现。而经济服务化的一个重要反应是第三产业的增长率高于第二产业，由此，本文采用第三产业与第二产业产值之比衡量产业结构高级化的程度(记为TS)。

3.2.3 控制变量

对控制变量的说明如下：(1)经济发展水平($\ln\text{pgdp}_{it}$)：以*i*地区当期人均GDP的自然对数衡量，一般来说，经济发展水平越高的地方重污染产业往往占比越低。(2)对外开放程度($\ln\text{open}_{it}$)，以*i*地区当期外企进出口额与GDP比值的自然对数衡量。(3)城镇化水平(Urban_{it})，用*i*地区当期城镇化比例表示，王兵等^[29]发现，城镇化水平的提升有助于地区绿色发展水平的提高。(4)地区教育水平($\ln\text{edu}_{it}$)，用当地平均受教育年限的自然对数衡量。(5)金融发展水平(dcpcb_{it})，用*i*地区当期信贷余额与GDP之比衡量，有研究表明，金融发展水平的提高有助于缓解企业融资约束，加快企业技术革新。(6)地区人口数量($\ln\text{human}_{it}$)，采用*i*地区当期人口数量的自然对数衡量。(7)环境规制(reg_{it})，*i*地区在第*t*年的环境规制强度通过污染治理投资总额占GDP比重衡量。(8)虚拟变量(dummy)，分别为表示2008年金融危机(FC)、东部地区与其他地区(D_1)、中部地区与其他地区(D_2)。同时，模型还控制了地区(province)与年份(year)。

3.3 数据来源说明

本文采用2003—2017年中国30个省份的面板数据进行分析(西藏和港澳台地区由于数据缺失被剔除)。原始数据主要来自相关年份的《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，共得到450个观测样本。

4 实证分析

4.1 特征性事实分析

图1汇总了东部、中部与西部地区工业固体废物排放年度均值。如图可见：2003—2017年，我国各地区固体废物排放量经历了一个先上升后平稳的过程，另外，固体废物排放量的区域差异不可忽视。中部地区的排污量高于东部地区和西部地区，并且这一趋势随时间推移越发明显。此外，东部地区与西部地区固体废物排放量随时间推移越来越接近。固体废物排放量的区域间差异可能与不同地区的技术水平、发展阶段以及生产要素配置等众多差异性因素相关。

图2汇总了东部、中部与西部地区工业二氧化硫排放年度均值。如图可见：2003—2017年，我国各地区二氧化硫排放量不断下降，且这一进程在2008—2010年这一阶段之后明显加快，另外，不同区域之间二氧化硫的排放量未显示明显差异。

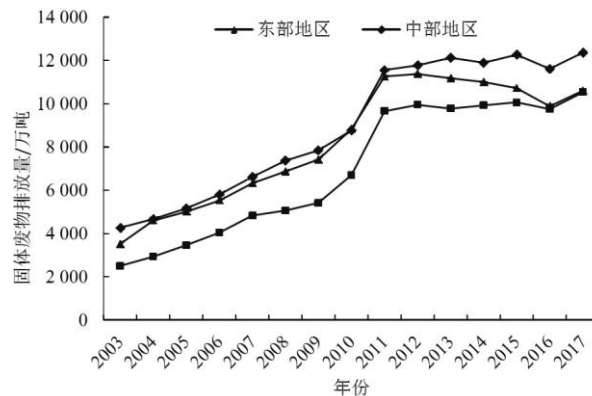


图 1 2003—2017 年东中西部地区工业固体废物排放量变化趋势

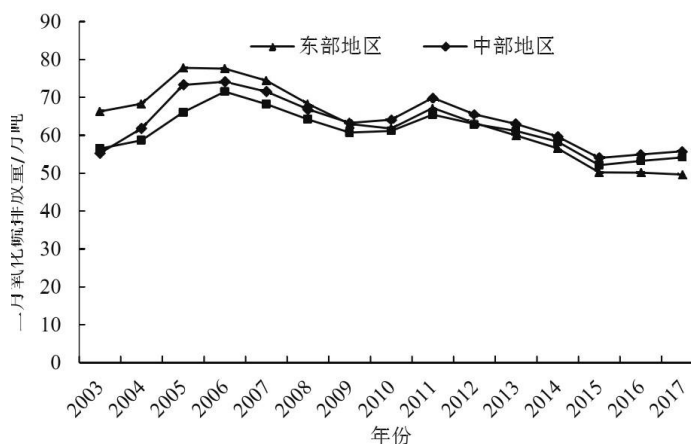


图 2 2003—2017 年东中西部地区工业二氧化硫排放量变化趋势

图 3 汇总了东部、中部与西部地区工业废水排放年度均值。如图可见：2003—2017 年，我国各地区工业废水排放量总体平稳，但不同区域之间存在显著差别。具体而言，从东部地区到西部地区，废水排放量在不断下降。造成这一结果的原因可能与不同地区的产业结构、生产技术水平、人口以及生产要素配置等众多具有区域特异性的因素相关。

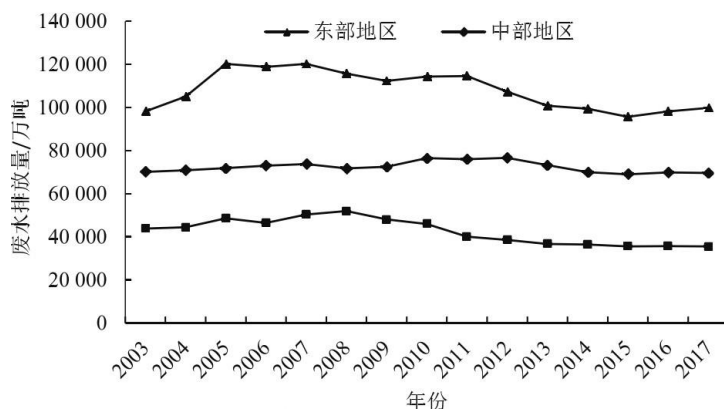


图 3 2003—2017 年东中西部地区工业废水排放量变化趋势

4.2 基准实证结果

各列中 D_{it} 系数均显著为负，表明在控制了地区与年份后，无论是在单一方程回归还是加入控制变量后，技术偏向性进步指数的提高对工业“三废”的排放量均显现出负相关性。说明随着技术进步的方向由劳动偏向于资本，地区环境污染治理有了明显的改善。由第 2 列、第 4 列、第 6 列的计量结果可知，技术偏向性进步指数每提高 1 个单位，会减少 0.689% 的固体废物排放，减少 0.458% 的工业废气排放，减少 0.764% 的工业废水排放。

控制变量中，地区经济发展水平 ($\ln pgdp_{it}$) 在各列中均为正，但显著性不稳定。具体来说，地区经济发展水平的提高会显著

增加固体废物与工业废水的排放量，但并未对工业二氧化硫的排放造成显著影响，这一结论与张明等^[30]的研究结果相似。对外开放程度($lnopen_{it}$)显著抑制了固体废物与工业二氧化硫的排放，周靖和胡秋红^[31]得出了相似的结论。但同时对外开放程度越高，地区工业废水排放量也随之增加，这可能与贸易结构及某些特定行业的“污染避难所”效应有关。城镇化水平($Urban_{it}$)的提高显著增加了工业废水与工业二氧化硫的排放，与工业固体废物排放量呈负相关但不显著。造成这一结果的原因可能是随着城镇化水平的提高，地区工业企业数量增多，导致废水与二氧化硫排放量上升。地区教育水平($lnedu_{it}$)与三类污染物的排放量均呈负相关关系，崔蓉等^[32]的研究表明，受教育水平的提高有助于促进地区减排，促进环境友好型发展，结果从侧面印证了这一结论。此外，金融发展水平(dcp_{it})的提高也显著降低了工业固体废物、工业二氧化硫与工业废水的排放。地区人口数量($lnhuman_{it}$)的增长、环境规制强度(reg_{it})的提升与工业“三废”排放量的增加显著相关，造成这一结果的原因可能是人口增长与特定产业间的相关性以及环境规制强度提升的扭曲作用。并且，在控制了诸多变量的前提下，金融危机前后我国工业二氧化硫与工业废水的排放量显著下降，这与特征性事实分析中的结果相印证。最后，在控制地区特征变量后，中部地区固体废物排放量显著高于其他地区，西部地区工业二氧化硫和工业废水排放量高于中部、东部地区。

4.3 影响机制检验

本文借鉴温忠麟等^[26]的方法，通过构建多元中介效应模型检验了偏向性技术进步对区域生态环境污染治理的影响路径。依据前文假设，偏向性技术进步会通过促进产业结构合理化与产业结构高级化实现对环境污染治理水平的提高。

依照中介效应的三部检验法：编号第1、2、3列为基础模型，检验核心解释变量对被解释变量的影响；第4、5列为中介模型，检验核心解释变量是否对中介变量存在影响；第6、7、8列为检验模型，即由基础模型中加入中介变量后再检验得到。即第1、4、5、6列检验了偏向性技术进步对工业固体废物排放的影响机制；第2、4、5、7列检验了偏向性技术进步对工业二氧化硫排放的影响机制；第3、4、5、8列检验了偏向性技术进步对工业废水排放的影响机制。

第1列、第2列、第3列中核心解释变量技术偏向性进步指数(D_{it})系数显著为负，第4列、第5列中核心解释变量技术偏向性进步指数(D_{it})与中介变量泰尔指数(TL_{it})与产业结构高级化指数(TS_{it})之间存在着显著的正向相关性。并且，在第6列、第7列、第8列中，核心解释变量与两个中介变量系数均显著为负。这一结果表明，偏向性技术进步对三种污染物排放量减少的作用，是通过促进产业结构合理化与产业结构高级化实现的。前文假设2a与假设2b得到验证。

4.4 子样本检验

考虑到偏向性技术进步、产业升级与生态环境污染治理在不同区域内可能存在不同的逻辑关系，本节按照东部、中部和西部划分子样本，对各子样本进行基础计量检验与影响路径检验。

(1) 东部地区。

可以看出，东部地区技术偏向性进步指数的提高显著降低了工业固体废物、工业二氧化硫与工业废水的排放量。作用机制上，东部地区偏向性技术进步显著促进了当地产业结构合理化与产业结构高级化，并由此降低了工业“三废”的排放量，但作用路径与全样本存在差异。具体而言，东部地区对气体废物的减排作用主要通过产业结构高级化实现，而产业结构合理化程度的提高并未对气体废物排放的减少产生显著作用。这可能与东部地区经济发展的实际情况相关。东部地区较早开始进行产业换代，随着第三产业逐渐取代第二产业，工业废气的排放量显著下降。

(2) 中部地区。

中部地区技术偏向性进步指数的提高显著降低了工业固体废物、工业二氧化硫与工业废水的排放量。作用机制上，虽然偏向

性技术进步同样促进了中部地区产业结构合理化与高级化的发展，但产业结构的合理化并未显著降低中部地区工业废气的排放量。除去直接效应外，偏向性技术进步对工业废气排放治理的作用主要通过产业结构高级化实现。

(3) 西部地区。

与全样本检验结果相似，西部地区技术偏向性进步指数的提高显著降低了工业固体废物、工业二氧化硫与工业废水的排放量。作用机制上，偏向性技术进步对工业废水减排的影响一方面通过直接效应实现，另一方面通过产业结构高级化实现。技术进步对工业废气减排的作用通过提高产业结构合理化程度实现。

4.5 稳健性检验

为进一步验证本文结论的可靠性，并处理可能存在的内生性问题，本节在前文的基础上，采用技术偏向性进步指数的滞后一期，运用广义矩估计法(GMM)进行了内生性检验。在修正内生性问题之后，偏向性技术进步仍显著减少了工业“三废”的排放量，提升了区域生态环境污染治理水平。验证了基准模型的可靠性。

5 结论与建议

本文测算了 30 个省份的技术偏向性进步指数、产业升级系数与生态环境污染治理水平，利用 2003—2017 年的面板数据，考察了偏向性技术进步对生态环境污染治理的影响及作用机制。主要得到以下结论：第一，主要污染物排放量在不同区域内存在明显差别，中部地区的固体废物排放量高于东部地区和西部地区，而废水排放量在东部、中部、西部地区中呈递减趋势。第二，实证结果表明：地区技术偏向性进步指数的提高显著减少了工业固体废物、工业二氧化硫与工业废水的排放量，且这一结论在各子样本中未出现明显差别。第三，多元中介效应模型检验结果表明，偏向性技术进步通过推动产业结构合理化与高级化发展实现了生态环境治理水平的提高。但这一结论在各子样本间存在显著差异，具体而言：东部地区对气体废物的减排作用主要通过产业结构高级化实现，而产业结构合理化程度的提高并未对气体废物排放的减少产生显著作用，产业结构的合理化并未显著降低中部地区工业废气的排放量。除去直接效应外，偏向性技术进步对中部地区工业废气排放治理的作用主要通过产业结构高级化实现，西部地区偏向性技术进步对工业二氧化硫减排通过促进产业结构合理化实现，对工业废水减排的影响则通过产业结构高级化实现。

本文在一定程度上填补了从宏观层面探究偏向性技术进步对生态环境污染治理影响及作用机制的理论空白。通过本文的研究，我们对未来区域污染治理提出以下建议：第一，地方政府应建立积极有效的创新引导与鼓励政策，以资源合理配置、要素充分利用、生产合理组织为导向，促进生产技术有方向的进步。第二，在实现偏向性技术进步的基础上，引导高耗能、高污染的企业逐步革新生产工艺或逐步退出市场，推动产业结构转型，进而实现区域生态环境治理水平的提高。第三，对不同地区，要因因地制宜，充分考虑本地区技术创新能力、产业发展、环境污染等方面的现实状况，扬长避短，精准施策，通过偏向性技术进步推动产业结构转型，最终实现环境友好型经济发展的目标。

参考文献：

[1]韩超，胡浩然. 节能减排、环境规制与技术进步融合路径选择[J]. 财经问题研究，2015(7)：22-29.

[2]Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353-377.

[3]Jalil A, Feridun M. The impact of growth, energy and financial development on the environment in China: A

cointegration analysis[J].Energy Economics,2011,33(2):284-291.

[4]Liu C M,Duan M S,Zhang X L,et al.Research on causality relationship of low-carbon development and industrial structure[J].Procedia Environmental ences,2011,11(2):953-959.

[5]蔡昉,都阳,王美艳.经济发展方式转变与节能减排内在动力[J].经济研究,2008(6):4-11.

[6]谢建国,姜珮珊.中国进出口贸易隐含能源消耗的测算与分解——基于投入产出模型的分析[J].经济学(季刊),2014(4):1365-1392.

[7]Schumpeter J A.Capitalism,socialism,and democracy[J].American Economic Review,1942,3(4):594-602.

[8]宋德勇,卢忠宝,等.中国低碳发展:理论、路径与政策[M].北京:中国社会科学出版社,2015.

[9]Acemoglu D,Aghion P,Bursztyn L,et al.The Environment and directed technical change[J].American Economic Review,2012,102(1):131-166.

[10]彭水军,包群.经济增长与环境污染——环境库兹涅茨曲线假说的中国检验[J].财经问题研究,2006(8):3-17.

[11]Schot J,Kanger L.Deep transitions:Emergence,acceleration,stabilization and directionality[J].Research Policy,2018,47(6):1045-1059.

[12]Grossman G,Krueger A.Environmental impacts of a North American free trade agreement[R].Cambridge:NBER Working Paper No.3914,1991.

[13]Chiou T Y,Chan H K,Lettice F,et al.The influence of greening the suppliers and green innovation on environmental performance and competitive advantage in Taiwan[J].Transportation Research Part E,2011,47(6):822-836.

[14]李粉,孙祥栋,张亮亮.产业集聚,技术创新与环境污染——基于中国工业行业面板数据的实证分析[J].技术经济,2017(3):1-7.

[15]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[J].经济研究,2016(9):73-88.

[16]昌忠泽,陈昶君,张杰.产业结构升级视角下创新驱动发展战略的适用性研究——基于中国四大板块经济区面板数据的实证分析[J].经济学家,2019(8):62-74.

[17]Byung-Rok C.High-technology development in regional economic growth[M].Burlington:Ashgate Publishing Company,2003

[18]Lucchese M.Innovation,demand and structural change in Europe[R].Urbino:University of Urbino Carlo Bo.,2011.

-
- [19]李健, 徐海成. 技术进步与我国产业结构调整关系的实证研究[J]. 软科学, 2011(4): 8-13.
- [20]吴继英, 孙晓阳. 技术创新对江苏产业结构演进的影响研究[J]. 科技与经济, 2015(2): 66-70.
- [21]郝添, 邓晓丹. 技术进步路径与产业结构的“升级陷阱”[J]. 北华大学学报(社会科学版), 2014(5): 50-53.
- [22]王永莲, 刘汉. 科技进步、产业结构演化与经济增长[J]. 科技管理研究, 2017(1): 44-48.
- [23]王士香, 董直庆. 资本体现式技术进步视角下的资本质量提升[J]. 东北师大学报(哲学社会科学版), 2015(3): 58-62.
- [24]黄先海, 刘毅群. 设备投资、体现型技术进步与生产率增长: 跨国经验分析[J]. 世界经济, 2008(4): 47-61.
- [25]颜色, 郭凯明, 杭静. 需求结构变迁、产业结构转型和生产率提高[J]. 经济研究, 2018(12): 83-96.
- [26]温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614-620.
- [27]戴天仕, 徐现祥. 中国的技术进步方向[J]. 世界经济, 2010(11): 56-72.
- [28]干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究, 2011(5): 4-16.
- [29]王兵, 唐文狮, 吴延瑞, 等. 城镇化提高中国绿色发展效率了吗?[J]. 经济评论, 2014(4): 38-49.
- [30]张明, 杜雨潇, 夏恩君. 我国东部地区经济增长与环境质量间关系的实证研究[J]. 技术经济, 2012(6): 84-88.
- [31]周靖, 胡秋红. 对外开放、财政分权与中国环境污染[J]. 江汉论坛, 2018(3): 45-50.
- [32]崔蓉, 费锦华, 孙亚男. 中国省际绿色创新生产率的变动及其空间溢出效应研究[J]. 宏观经济研究, 2019(6): 132-145.