

宋英杰,刘俊现.条块并存的环境分权对环保技术扩散的影响[J].中国人口·资源与环境,2019,29(5):108-117.[SONG Yingjie,LIU Junxian. On the influence of 'strip and block coexistence' environmental decentralization on technology diffusion of environmental protection [J]. China population, resources and environment, 2019, 29(5): 108-117.]

条块并存的环境分权对环保技术扩散的影响

宋英杰^{1,2} 刘俊现¹

(1. 山东工商学院金融学院,山东 烟台 264005; 2. 上海财经大学公共经济与管理学院,上海 200433)

摘要 环保技术的扩散程度直接关系到环境治理的最终效果,而环保技术作为一种具有一定正外部性的准公共品,其扩散离不开政府的推动。我国长期推行的条块并存的双向环境分权管理体制对环保技术扩散存在着怎样的影响? 下一步的环境管理体制应如何调整? 基于此,文章从条块并存双向分权的角度分析了环境分权对环保技术扩散的影响并提出了理论假设,同时选取中国30个省级地区2004—2016年的面板数据,采用偏线性可加面板模型实证检验了我国环境分权管理体制对环保技术扩散的影响,并对实证结果稳健性进行了参数检验和非线性检验。研究发现,代表“条领导”的环境纵向分权对清洁生产技术和末端治理技术扩散的影响均呈现倒U形结构,合理划分的环境纵向分权可以促进环保技术的扩散;同时,代表“块领导”的环境横向分权对两种环保技术扩散的影响均呈现U形结构。要促进环保技术的扩散,需要地方政府对环境横向分权进行统筹,强化省以下区域环保的横向分权,这也从理论上支持了中央2016年推行省以下环保监督部门垂直管理的合理性。不同环保技术的扩散对环境规制的敏感性也存在差异。此外,研究还发现,企业税收负担、企业技术类型、投资开放度、出口依存度、城镇化以及市场化水平对不同类型环保技术的扩散都存在着一定的影响,最后提出针对性政策建议。

关键词 环境分权; 环保技术扩散; 偏线性可加面板模型

中图分类号 F204 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2019)05-0108-10 DOI: 10.12062/cpre.20181110

改革开放40年,中国的经济实力迅速提升,已成为世界第二大经济体。然而,中国经济崛起的过程,是以高耗能、高污染、高排放为特征的第二产业主导的增长过程,在创造丰富物质财富的同时,也付出了巨大的环境代价。随着经济步入新常态,特别是习近平总书记多次针对环境保护提出“两座山论”,政府工作目标已由单纯追求GDP向稳定经济增长与改善环境质量的双重目标转变。如何实现上述目标,对环境治理模式提出了更高的要求。在严格环境监管的同时,通过环保技术的推广扩散,实现节能减排,成为兼顾经济增长与环境保护目标的有效途径。但是,作为污染排放主体的企业往往无法在追求利润的同时自觉肩负环境保护的社会责任^[1],也缺乏利益驱动去主动获取和采用先进的环保技术。具有正外部性的环保技术更多依赖于政府的供给和推广扩散,政府在环保技术扩散方面的有效规制就变得不可或缺。

我国政府的管理体制以“中国式分权”著称,具体到环境治理领域,则形成了条块双重委托代理的环境分权模式^[2]。一方面,地方环保部门受到中央部委等上级环保部门的直接纵向“条状领导”,在上下级环保部门之间存在着权利责任的划分;另一方面,地方环保部门又隶属于地方政府,由地方政府进行更为细化的管理,形成了横向间的“块状领导”的环境规制体系。尽管在2016年9月22号国务院办公厅印发《关于省以下环保机构监测监察执法垂直管理制度改革试点工作的指导意见》,各地省级环保垂直管理体系也在相继建立之中,但本质上仍没有改变中央和省级地方政府间的条块并存的环境管理体制。那么这种条块双重委托代理的环境分权模式对于环保技术的扩散产生何种影响? 未来的环境管理体制是一垂到底还是维持当前的条块并存的管理现状? 仍需要进一步的实证检验。基于此,本文从条块并存双向分权的

收稿日期:2018-09-18 修回日期:2019-03-10

作者简介:宋英杰,博士,副教授,主要研究方向为资源环境经济与政策、政策创新与公共治理。E-mail: songyingjie666@163.com。

基金项目:国家自然科学基金面上项目“基于非线性视角的农产品质量安全技术的扩散规制研究”(批准号:71573161); 国家社科基金重大项目“构建以反贫困为核心的面向家庭和个人公共转移支付制度研究”(批准号:18VJ071); 中国博士后科学基金“基于财政分权视角的技术扩散的政府规制研究”(批准号:2016M600303); 山东工商学院研究生科研创新基金“财政分权对环保技术扩散的影响研究”(批准号:2017yc0202014)。

角度展开理论分析,选取2004—2016年30个省市地区面板数据,利用偏线性可加面板模型探究政府规制对环保技术扩散的影响,进而为环境保护管理实践提供一定的参考依据。

1 文献综述

我国环境管理体制的形成和发展相对较晚,从1988年国家环境保护局成立并在1998年升格为国家环保总局,再从2008年环境保护部成立到2018年生态环境部的组建,中央环保部门每十年一次的调整充分体现了我国环境管理工作系统化、专业化的趋势不断提升^[3]。然而当前的省级环境管理体制仍然是“条块领导”的双向分权管理模式。在“条领导”上,中央环保部门在对地方环保部门进行监督指导的同时还与地方环保部门在环境管理监管、审批等事权上进行了划分;在“块领导”上,由于地方环保部门的财权和人事权仍然从属于地方政府统一管理,当地方政府与环保部门的目标不相容时,就会对地方环保部门的行为进行制约,进而产生环境保护上的冲突^[4]。特别是,以经济增长为衡量指标的政绩考核制度,使得许多地方政府过度追求地方经济的发展而忽视环境保护^[5]。

关于环境分权的研究,大多数文献都是采用财政分权指标来刻画政府间的环境分权行为^[6]。然而,与财政分权对政府间经济政治权利划分不同的是,环境分权主要涉及政府间有关环境管理权利的划分^[7]。尽管两者之间有着一定联系,但却存在着本质区别。简单的使用财政分权指标去刻画政府间的环境分权行为,将会导致严重的度量偏差,进而影响研究结果^[8]。此外,对于环保技术一般可以分为两类:末端治理技术和清洁生产技术。早期人们主要是通过通过对生产中产生的污染物进行末端治理来减少污染。然而,随着工业化程度的不断加深,末端治理难以完全根除污染的局限性也日益凸出,将污染物消灭在生产之前成为真正解决污染问题的关键所在,因此,清洁生产技术受到的关注越来越多。这两种技术只有得到有效的扩散才能够真正对解决环境污染问题产生作用,因此学者们将目光转向了环保技术扩散。顾海波^[9]和董阳^[10]等先后对环保技术扩散进行了界定,即环保技术通过不同的扩散方式在企业间所进行的推广应用。

目前对环保技术扩散影响的研究文献主要可以归纳为两个层面。在宏观层面,引入了经济发展水平、人口密度、环境规制、外资、贸易等不可控的社会环境变量来研究环保技术扩散的驱动因素^[11-12];在微观层面,通过分析企业的选择偏好、研发情况、人力资本来探究对环保技术扩散的影响^[13-14]。但是目前大多数文献对于环保技术扩散

的度量指标均不够全面,如周力和应瑞瑶等^[15]使用发明专利数来度量环保技术扩散。同时,由于缺少相关数据,对于两种环保技术相关的投入难以有效区分,因此对于清洁生产和末端治理两种环保技术扩散影响的讨论大多停留在理论层面^[16-17],鲜有文献进行实证方面的探讨。陈媛媛^[18]的处理方法给我们提供了很好的借鉴。该文采用单位产品产污量的倒数表征清洁生产,污染排放率的倒数表征末端治理,但是在计算环保技术指标时只使用了SO₂一种污染物,难以全面刻画多种环保技术的扩散状况。在环保技术的实证研究方面,大多数文献采用的是参数模型。如景维民和张璐^[19]使用可行广义最小二乘法 and 系统广义矩方法,研究了环境管制、对外开放与中国工业的绿色技术进步之间的关系;李婉红^[20]基于地理加权回归模型估计了排污费制度对绿色技术创新的驱动作用。但对于技术扩散这一具有明显非线性特征^[21]的问题,参数模型存在模型预先设定偏误的潜在隐患^[22],相关研究结论准确性和稳健性有待检验。

基于以上分析,本文从以下几个方面进行扩展研究,力图完善已有研究的不足:首先,从环境纵向和横向分权的角度来探讨环境管理制度对环保技术扩散的影响,克服了以往文献对地方政府与地方环保部门之间横向分权的忽视;其次,使用偏线性可加面板模型^[23]解决了模型预先设定偏误的潜在隐患;最后,为了更全面地刻画环保技术扩散的现状,选取了五种污染物分别针对清洁生产技术和末端治理技术两个具有明显差异的技术类型分析其受环境分权的影响。

2 理论分析

环境分权主要涉及的是环境事权的划分,不同于一般意义的财政分权,环境事权划分是个渐进的动态变迁和博弈均衡过程,是不同层级政府的环境治理行为和策略互动行为的集中体现。具体而言,作为地方环境规制主体的地方环保部门受到“条块”委托代理的双重领导。中央的环保政策由环保部层层下达到地方环保部门,由地方环保部门具体执行,同时在监察审批等环保事权上又进行一定程度的划分。同时,地方环保部门还经常受到环保部的检查和技术上的指导,这就是环境治理中的“条领导”。因此环境分权在上下级环保部门之间存在着纵向分权。同时,地方环保部门又隶属于当地政府,地方环保部门在人员编制和经费预算上又受到地方政府的约束。这就形成了“块领导”的委托代理关系。同样,地方政府其他部门与环保部门之间也存在着行政资源的分配与环保权利责任的划分,即环保横向分权。不同于纵向分权,横向分权主要体现在为地方政府支持环境保护的意愿和对环保工作的支持

力度。基于此,我们将纵向分权和横向分权两个角度来探讨环境分权对环保技术扩散的影响。

从纵向分权角度来看,中央环保部门和地方环保部门在立法、审批、监察和监测等方面进行事权划分。当分权水平较低时,环境的监管和审批权都集中于环保部,由于信息的不对称性,环保部很难对地方上的环境状况进行全面的监管,而地方环保部门具有信息优势,可以对地方企业排污进行有效监管。因此随着环境纵向分权度的增大,环保技术扩散程度开始逐渐增大;当分权水平到达一定程度后,地方政府承担了超出其能力范畴的环保事权时,由于地方环保部门在财政投入、监测技术、人员配备等行政资源逐步紧张,地方环保部门难以对企业进行原有的高效监管,企业则更多基于成本考虑不引进环保技术转而冒险负担违规排污的成本。因此环境分权对环保技术扩散的促进作用开始呈现下降的趋势。基于此,我们提出假说1:环境纵向分权与环保技术扩散之间呈现倒“U”形。当分权度较低时,环保技术的扩散程度随着分权度的提高而增大;当分权度较高时,环保技术的扩散度随着分权度的提高而降低。

从横向分权角度来看,地方政府基于不同的政绩目标,在不同部门之间配置行政资源。当地方政府环境横向分权的水平较低时,地方政府往往倾向于追求GDP而牺牲地区环境。对地方环保部门的支持较少,进而地方环保部门对企业制定的环境标准、监督检查力度也都较低。企业直接排污所缴纳的税费成本远低于引进环保技术减少污染产生的投资成本。在这一区间内,随着横向分权度的提升,环保部门监管力度增大。企业在控制既定生产成本的情况下,企业接受的排污违规成本越高,采用环保技术的意愿和相关投入越小,所以环境横向分权对环保技术扩散的正向作用随着横向分权度的增大而降低。当环境状况恶化到一定程度,环境保护已成为地区所必须面对的顽疾时,各级政府对待环境保护的态度均产生重大转变。例如2008年为应对日益严重的环境问题,环保总局升级为环保部,同时将环境保护纳入地方政府的政绩考核体系,在考核上实行一票否决制和问责制。这些措施提升了地方政府对环境保护的重视程度。地方政府开始大力支持监督地方环保部门的工作,横向分权度得以极大提高。地方环保部门对区域内企业制定较高的环境标准,实行严格的环境监督,逐步使企业直接排污的违规成本大于企业引进环保技术的投资成本,企业会更倾向于引进环保技术。因此,强化到一定程度的环境横向分权对环保技术扩散的影响会出现逆转,伴随着横向分权的增加会促进环保技术的扩散。基于此,我们提出假说2:横向环境分权度与环保技术扩散之间呈现U形结构,环保技术扩散度随着环境

横向分权的增加呈现出先减小后增大的趋势。

3 变量选取及模型设定

根据前文理论分析,为验证理论假设的非线性变化特征并避免参数估计模型的预先设定偏误,确保实证结论的可靠性,本文采用偏线性可加面板模型进行实证检验。

3.1 变量设定

3.1.1 被解释变量

环保技术扩散指数(EPT)。根据前文对环保技术扩散的界定,本文借鉴陈媛媛的思路^[18],使用清洁生产技术扩散指数(CPT)和末端治理技术扩散指数(EMT)作为被解释变量来表征环保技术扩散程度。用污染产生率即单位工业增加值所产生的污染量的倒数来表示清洁生产技术的扩散程度;用污染排放率即排放量与产生量的比值的倒数来表示末端治理技术的扩散程度。为全面衡量多种污染物治理技术的扩散程度,特选取工业固体废物、废水、二氧化硫、氮氧化物以及烟尘等污染物加以衡量。

清洁生产技术扩散指数(CPT):选取工业固体废物、废水、二氧化硫、氮氧化物以及烟尘等污染产生率的倒数并运用正指标极差变化加权的方法分别赋予五种技术不同的权重来综合衡量清洁生产技术扩散程度。

末端治理技术扩散指数(EMT):选取工业固体废物、废水、二氧化硫、氮氧化物以及烟尘等污染排放率的倒数并运用正指标极差变化加权的方法分别赋予五种技术不同的权重来综合衡量末端治理技术扩散程度。

具体加权如公式(1)所示:

$$w_i(X_i - m_i) / (M_i - m_i) \quad i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

其中 w_i 为清洁生产技术扩散程度(末端治理技术扩散程度)的权重; X_i 为各省历年五种清洁生产技术扩散程度(末端治理技术扩散程度); m_i 为清洁生产技术扩散程度(末端治理技术扩散程度)的最小值; M_i 为最大值。权重 w_i 的计算方法采用独立性权重系数法,即根据一种清洁生产技术扩散程度(末端治理技术扩散程度)与其他清洁生产技术扩散程度(末端治理技术扩散程度)的共线性强弱来确定该清洁生产技术扩散程度(末端治理技术扩散程度)的权重,各指标的权重(综合共线性即复相关系数,也可以看作对调整 R^2 进行开方的数值结果)计算公式为:

$$\varphi_i = \{adjR^2\}^{-1/2} = \{1 - (1 - R^2)(n - 1) / (n - k)\}^{-1/2} \quad (2)$$

对 φ_i 进行标准化处理从而可得出权重,表达式为 $w_i = \varphi_i / \sum_{i=1}^n \varphi_i$ 。其中 $adjR^2$ 为调整拟合优度, k 为待估参数个数, R^2 为拟合优度, R 的具体表达式为:

$$0 \leq R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \leq 1 \quad (3)$$

其中 y_i 为被解释变量, \hat{y}_i 代表被解释变量的拟合值, \bar{y} 是被解释变量的均值。

3.1.2 核心解释变量

(1) 环境纵向分权(*ZED*)。对于环境纵向分权指标的构建,借鉴康达华和李郁芳^[24]的方法,利用中央和地方政府环保机构的人员分布来表征环境纵向分权。一方面,环保机构和人员作为政府实现环保职能的载体,在其不同层级机构间的人员分布在一定程度上体现了环保事权的划分,人员的变动也在一定程度反映了事权划分的变动。同时,使用不同层级机构间的人员分布来测算管理分权程度也是国际通行的指标^[5]。具体指标设定如下:

$$ZED_{it} = (LEDP_{it}/CEDP_t) \times [1 - (GDP_{it}/GDP_t)] \quad (4)$$

其中 ZED_{it} 表示第 i 省第 t 年的环境纵向分权度, $LEDP_{it}$ 表示第 i 省第 t 年省级环保机构环境工作人员数量, $CEDP_t$ 表示第 t 年中央环保机构本级环境监管工作人员数量。相对已有文献^[25-26]多数采用省环保系统工作人员/全国环保系统工作人员表示环境分权度,本文用省本级环保系统工作人员/中央环保系统工作人员来衡量环境纵向分权度,更加侧重中央和省级政府对环境事权上的相互博弈。同时,为缓解指标的内生性问题,采用为 $[1 - (GDP_{it}/GDP_t)]$ 平减指数对环境纵向分权度指标进行平减。其中 GDP_{it} 表示第 i 省第 t 年 GDP, GDP_t 表示第 t 年全国 GDP。

(2) 环境横向分权(*HED*)。环境横向分权体现了地方政府对环境保护的支持力度。为全面反映地方政府对环境保护的重视程度,并避免已有文献中普遍存在的实证变量设定的内生性问题,参考陈诗一和陈登科^[27]的做法,使用省级政府工作报告中与环境相关词汇出现频数占总词频数的比重作为环境横向分权的代理变量。政府工作

报告作为依法行政和执行部门决定、决议的纲要,是指导政府工作的纲领性文件。因此,政府工作报告中与环境相关词汇出现频数占总词频数的比重更能全面地体现地方政府对环境保护的重视程度,反映环境横向分权的全貌。并且,一般政府工作报告为年初公布,其内容不受本年后续相关工作的影响,符合外生工具变量假定。

3.1.3 控制变量

结合现实,在模型中设置对环保技术扩散具有较强联系的相关控制变量,主要包括:①企业税收负担(*QSF*),用各地区规模以上的工业企业所得税与企业主营业务收入之比表示;②企业研发强度(*QRD*),用各地区规模以上的工业企业研发投入与企业主营业务收入之比来表示;③投资开放度(*FDI*),以各地区实际利用外商直接投资额占 GDP 的比重表示;④出口依存度(*EXD*),以各地区出口贸易额占 GDP 的比重表示;⑤城镇化水平(*URB*),用城镇人口占总人口的比重来表示;⑥市场化水平(*MRK*)。市场化水平的本质是反映政府与市场的关系,市场化水平越强表明企业与地方政府之间的关系越弱,政府越有可能严格监管,越有利于环保技术的扩散。本文采用樊纲等^[28]、王小鲁等^[29]的市场化指数指标反映市场化水平并对缺失年份的数据进行了线性拟合估算。其市场化指数是衡量我国各地区市场化指数中较为权威的数据,在研究中得到了广泛应用。模型中主要变量的定义及其计算方法如表 1 所示。

3.2 偏线性可加面板模型的构建

我们参考 Ai 等^[23]的方法,使用偏线性可加面板模型探究环境纵向、横向分权与环保技术扩散之间关系。该模型同时包含了线性部分和非线性部分,所以也被称为部分线性模型即偏线性模型。考虑到环境纵向、横向分权与环保技术扩散之间可能存在着非线性影响,我们将环境纵

表 1 主要变量的定义及其计算方法

变量类型	变量名称	变量符号	变量说明
被解释变量	清洁生产技术扩散指数	<i>CPT</i>	具体处理见上文
	末端治理技术扩散指数	<i>EMT</i>	具体处理见上文
非参解释变量	环境纵向分权	<i>ZED</i>	省本级环保系统工作人员/中央环保系统工作人员,并使用 $[1 - (GDP_{it}/GDP_t)]$ 平减指数进行平减
	环境横向分权	<i>HED</i>	省级政府工作报告中与环境相关词汇出现频数占总词频数的比重
参数解释变量	企业税收负担	<i>QSF</i>	用各省规模工业企业的所得税与主营业务之比来表示
	企业研发强度	<i>QRD</i>	用各地区规模工业企业研发投入与企业主营业务收入之比来表示
	投资开放度	<i>FDI</i>	以各地区实际利用外商直接投资额占 GDP 的比重表示
	出口依存度	<i>EXD</i>	用各省进口总额与地区国内生产总值之比来表示进口依存度
	市场化水平	<i>MRK</i>	本文采用樊纲等 ^[28] 、王小鲁等 ^[29] 的市场化指数指标反映市场化水平

向、横向分权放在非线性部分,将市场化水平、企业税收负担、企业研发强度、投资开放度、贸易开放度和城镇化水平则放在线性部分,由此可得本研究的偏线性可加面板模型为:

$$\ln CPT_{it} = \alpha_i + f_1(\ln ZED_{it}) + f_2(\ln HED_{it}) + \beta_1 \ln QSF_{it} + \beta_2 \ln QRD_{it} + \beta_3 \ln FDI_{it} + \beta_4 \ln EXD_{it} + \beta_5 \ln URB_{it} + \beta_6 \ln MRK_{it} + e_{it} \quad (5)$$

$$\ln EMT_{it} = \alpha_i + f_1(\ln ZED_{it}) + f_2(\ln HED_{it}) + \beta_1 \ln QSF_{it} + \beta_2 \ln QRD_{it} + \beta_3 \ln FDI_{it} + \beta_4 \ln EXD_{it} + \beta_5 \ln URB_{it} + \beta_6 \ln MRK_{it} + e_{it} \quad (6)$$

在模型中 i 为各省的标识, t 是各年份的标识, CPT 和 EMT 分别表示清洁生产技术扩散指数和末端治理技术扩散指数, ZED 表示环境纵向分权, HED 表示环境横向分权, QSF 代表企业税收负担, QRD 表示企业研发强度, FDI 表示各地区投资开放度, EXD 表示各地区出口依存度, URB 代表城市化水平, MRK 表示市场化水平。 α_i 代表个体效应, e_{it} 代表随机误差项, 这里 $f(\cdot)$ 为一个未知光滑函数。

3.3 数据来源与描述性统计

采用中国大陆 2004—2016 年 30 个省级区域(基于数据的可得性,研究不包含西藏、香港、澳门、台湾地区)的面板数据进行实证研究。数据主要来源于国家统计局年鉴、中国科技统计年鉴、中国环境统计年鉴和国研网统计数据。在进行实证分析中,对变量进行了对数处理,以消除异方差和量纲的问题,采用 R 语言对数据进行统计和分析。各变量的描述性统计见表 2。

由表 2 可知,首先,清洁生产技术扩散指数和末端治理技术扩散指数的极小值分别为 0.016 0 和 0.005 2,极大

表 2 主要变量的描述性统计

变量符号	标准误	均值	极小值	极大值
CPT	0.051 3	0.068 5	0.016 0	0.415 5
EMT	0.068 5	0.092 0	0.005 2	0.592 6
ZED	0.368 5	0.493 2	0.015 2	1.792 7
HED	0.003 8	0.008 1	0.000 9	0.034 2
QSF	0.007 3	0.008 8	0.003 1	0.054 3
QRD	0.002 3	0.006 2	0.000 8	0.013 8
FDI	0.021 9	0.028 9	0.000 8	0.102 2
EXD	0.218 2	0.194 1	0.017 3	0.961 7
URB	0.143 3	0.512 2	0.262 5	0.895 9
MRK	2.343 8	7.733 5	2.904 9	14.305 0

值分别为 0.415 5 和 0.592 6,说明地区间环保技术扩散程度的差异较大;其次,环境纵向分权、环境横向分权及控制变量的变化范围也较大,为本文实证研究各变量之间的具体影响效应提供了良好的基础。

4 实证结果分析

利用偏线性可加面板模型考查了环境纵向、横向分权对清洁生产技术扩散以及末端治理技术扩散的具体影响变化趋势。

4.1 环境分权对环保技术扩散的影响结果分析

通过偏线性可加面板模型的非线性估计,对环境纵向、横向分权与环保技术扩散的影响变化趋势进行测算,结果如图 1 所示。

(1) 由图 1 中(a)和(c)部分可知,环境纵向分权对清洁生产技术扩散和末端治理技术扩散的影响都呈现倒 U 形结构,即伴随着纵向分权力度的加大,技术扩散呈现先上升后下降变化趋势,从而可以验证假说 1。此外,不同技术类型的扩散其对环境分权的敏感程度也存在差异。环境纵向分权对末端治理技术扩散的贡献相对于清洁生产技术扩散的贡献下降的起始点较早,这与两种环保技术的本身特点有关。末端治理状况易于监测,地方环保部门具有信息优势,所以随着纵向分权度的增加,分权对末端治理技术扩散的贡献度也会快速增加。当地方环保部门的自主权增大后,地方利益集团也会不断地加大对地方环保部门的影响,从而使得转折点更快到来。而清洁生产技术具有投资成本高、周期长、对检测依赖性强等特点,所以分权对于清洁生产技术扩散的贡献随着分权度的增加而缓慢上升。

(2) 由图 1 中(b)和(d)部分可知,环境横向分权对清洁生产技术扩散以及末端治理技术扩散的影响都呈现 U 形结构,即伴随着环境横向分权力度的加大,技术扩散呈现出先下降后上升的变化趋势,验证了假说 2。此外,不同类型的技术同样对环境横向分权的敏感程度不同。环境横向分权对清洁生产技术扩散的贡献相对于末端治理技术扩散的贡献上升的起始点较早,并且变化趋势也较缓。这主要是因为清洁生产技术应用于生产过程中,当环境监管力度较大时,一些不符合环境标准的项目审批难以获得通过,同时已经应用于生产过程中的技术要变更也较为困难。而末端治理技术应用于易于监测生产末端污染治理过程,当环境监管力度增强到一定程度,企业直接排污的成本大于污染治理的成本,企业就会迅速引进末端治理技术,所以清洁生产技术扩散的变化趋势较缓,转折点的出现也早于末端治理技术。

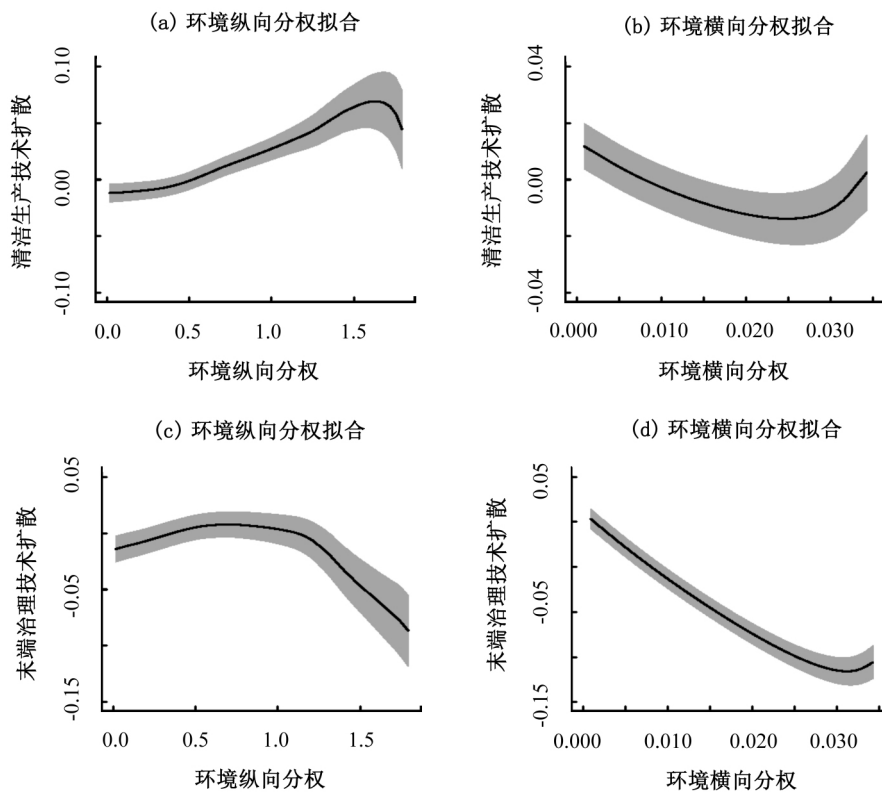


图1 环境分权对环保技术扩散影响估计图

4.2 参数部分实证结果分析

表3分别给出了清洁生产技术扩散和末端治理技术扩散的参数解释变量的估计结果。

(1) 企业税收负担抑制了环保技术的扩散,且在1%的显著性水平上影响显著。企业税收负担与清洁生产技术扩散指数以及末端治理技术扩散指数之间的弹性系数分别为-0.4467和-0.6757,即当其他变量保持不变时,企业税收负担每增加1%,分别导致清洁生产技术扩散指数以及末端治理技术扩散指数减少0.4467%和0.6757%。这主要是因为企业税收负担过重导致企业利润减少,企业为了赚取更多的利润会减少环保技术的引进。

(2) 企业研发强度促进了清洁生产技术和末端治理技术的扩散,且分别在5%和1%的水平上影响显著。企业研发强度与清洁生产技术扩散和末端治理技术扩散的弹性系数分别是0.0847和0.0639,即当其他条件不变时,企业研发强度每增加1%,清洁生产技术扩散指数和末端治理技术扩散指数分别增加0.0847%和0.0639%。说明技术偏向型企业更倾向于引进环保技术。

(3) 投资开放度对清洁生产技术和末端治理技术的扩散存在着正向的促进作用,且在分别在5%和1%的水平上影响显著。投资开放度与清洁生产技术扩散和末端

治理技术扩散的弹性系数分别是0.3216和0.1171,即当其他条件不变时,投资开放度每增加1%,清洁生产技术

表3 参数变量估计结果

变量	清洁生产 技术扩散(lnCPT)	末端治理 技术扩散(lnEMT)
lnQSF	-0.4467*** (0.0746)	-0.6757*** (0.0518)
lnQRD	0.0847** (0.0327)	0.0639*** (0.0220)
lnFDI	0.3216*** (0.0739)	0.1171** (0.0551)
lnEXD	-0.1688** (0.0334)	0.0261* (0.0278)
lnURB	0.1655* (0.0493)	0.1248 (0.0512)
lnMRK	0.2761 (0.0256)	0.6733*** (0.0307)
R ²	0.5034	0.6085
F	7.3932	10.4681

注:括号内为标准误。***、**、*表示在1%、5%和10%的水平上显著。

扩散指数和末端治理技术扩散指数分别增加 0.321 6% 和 0.117 1%。投资开放度对清洁生产技术扩散的促进作用明显大于其对末端治理技术扩散的促进作用,这可能是由于外商投资所带来的竞争效应使得企业更倾向于采用能够带来经济效益的清洁生产技术。

(4) 出口依存度分别在 5% 的显著性水平上抑制了清洁生产技术的扩散和 10% 的水平上促进了末端治理技术的扩散。出口依存度与清洁生产技术扩散以及末端治理技术扩散之间的弹性系数分别为 -0.168 8 和 0.026 1,即其他条件保持不变时,出口依存度每增加 1%,清洁生产技术扩散指数相应减少 0.168 8%,末端治理技术扩散指数相应增加 0.026 1%。之所以存在相反的效应,可能与我国的出口产品结构有关。我国一直处于低端加工制造阶段,虽然可以赚取一定的利润但同时存在着技术依赖,所以阻碍了企业对清洁生产技术的扩散采用;与此同时低端制造产生了大量的污染,受制于当地环保部门的监管压力,企业会将出口赚取的一部分利润投入到自身的污染治理中,进而促进了末端治理技术的扩散。

(5) 城镇化水平正向促进了清洁生产技术的扩散,且在 10% 的显著性水平上影响显著。城镇化水平与清洁生产技术扩散指数之间的弹性系数为 0.165 5,城镇化的发展会提升人力资本,人力资本的提升会支撑企业采用先进技术来赚取丰厚利润,先进技术的采用促进了清洁生产技术的扩散。市场化水平正向促进了末端治理技术的扩散且在 1% 的显著性水平上影响显著。市场化水平与末端治理技术扩散指数之间的弹性系数为 0.673 3,在其他条件不变时,市场化水平每增加 1%,末端治理技术扩散指数相应增加 0.673 3%。市场化水平的本质是反映政府与市场的关系。市场化水平越强表明企业与地方政府之间的关系越弱,企业受到的监管程度可能越强,越有利于环保技术的扩散。

4.3 稳健性检验

为了检验偏线性可加面板模型估计结果的可靠性,本文对实证模型分别进行了参数和非线性的稳健性检验。

4.3.1 参数检验

由于环境纵向、横向分权与环保技术扩散之间存在着非线性关系,线性面板模型不能很好的拟合两者之间关系。为了验证偏线性可加面板模型的稳健性,本部分对模型进行重新设定。根据偏线性可加面板模型非参部分拟合图形的形状,在模型中引入环境分权的平方项,重新对变量之间的关系进行参数检验。参数模型如下:

$$\begin{aligned} \ln CPT_{it} = & a_i + \lambda_1 \ln ZED_{it} + \lambda_2 (\ln ZED_{it})^2 + \\ & \lambda_3 \ln HED_{it} + \lambda_4 (\ln HED_{it})^2 + \beta_1 \ln QSF_{it} + \\ & \beta_2 \ln QRD_{it} + \beta_3 \ln FDI_{it} + \beta_4 \ln EXD_{it} + \end{aligned}$$

$$\beta_5 \ln URB_{it} + \beta_6 \ln MRK_{it} + e_{it} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \ln EMT_{it} = & a_i + \lambda_1 \ln ZED_{it} + \lambda_2 (\ln ZED_{it})^2 + \\ & \lambda_3 \ln HED_{it} + \lambda_4 (\ln HED_{it})^2 + \beta_1 \ln QSF_{it} + \\ & \beta_2 \ln QRD_{it} + \beta_3 \ln FDI_{it} + \beta_4 \ln EXD_{it} + \\ & \beta_5 \ln URB_{it} + \beta_6 \ln MRK_{it} + e_{it} \quad (8) \end{aligned}$$

各变量定义与前文相同。采用混合回归、固定效应和随机效应模型,并进行了面板 F 检验和豪斯曼检验,相应的回归结果如表 4 所示。

由于表 4 下方 HAUSMAN 和 F 检验结果均强烈拒绝原假设,所以我们选择固定效应来检验偏线性可加面板模型的稳健性。由上表各变量的估计结果可知:①环境纵向分权的一次项和平方项对清洁生产技术扩散和末端治理

表 4 参数检验结果

变量	清洁生产 技术扩散($\ln CPT$)	末端治理 技术扩散($\ln EMT$)
$\ln QSF$	-0.412 5*** (0.063 4)	-0.443 7*** (0.046 8)
$\ln QRD$	0.092 6** (0.037 6)	0.071 9*** (0.024 0)
$\ln FDI$	0.302 4*** (0.064 2)	0.104 2** (0.052 3)
$\ln EXD$	-0.153 3* (0.033 4)	0.024 4* (0.025 3)
$\ln URB$	0.142 5** (0.051 2)	0.103 3 (0.042 7)
$\ln MRK$	0.230 2 (0.024 3)	0.621 4*** (0.028 6)
$\ln ZED$	0.118 1*** (0.024 3)	0.021 5** (0.021 2)
$(\ln ZED)^2$	-0.057 1** (0.014 2)	-0.027 1** (0.012 3)
$\ln HED$	-0.559 1*** (0.355 4)	-0.574 4*** (0.552 2)
$(\ln HED)^2$	0.070 5** (0.034 4)	0.106 3** (0.053 8)
HAUSMAN	35.918 0 ($p=4.009 1e^{-05}$)	96.932 0 ($p=2.211 0e^{-16}$)
F	10.883 5 ($p=8.583 6e^{-15}$)	33.954 9 ($p=2.224 3e^{-16}$)

注:括号内为标准误,***、**、*表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著。



技术扩散的影响分别在 1% 和 5% 的水平上显著,且一次项的系数为正,二次项的系数为负,说明环境纵向分权对环保技术扩散的影响符合倒 U 形结构,同样支持假说 1; ②环境横向分权的一次项和平方项对清洁生产技术扩散和末端治理技术扩散的影响也分别在 1% 和 5% 的水平上显著,且一次项的系数为负,二次项的系数为正,说明环境横向分权对环保技术扩散的影响基本符合 U 形结构,同样支持假说 2; ③参数部分解释变量的系数估计结果无论是大小、方向还是显著性水平都与偏线性可加面板模型的估计结果基本保持一致。综上所述,本部分通过参数检验进一步验证了偏线性可加面板模型估计结果的稳健性。

4.3.2 非线性检验

为了进一步验证偏线性可加面板模型拟合效果的最优性,通过多项式设定对环境分权与清洁生产技术扩散及末端治理技术扩散之间的关系进行了非线性检验,并通过 AIC 指数来判断模型的拟合效果。根据非参数部分拟合图形,环境纵向分权对清洁生产技术扩散指数以及末端治理技术扩散指数的影响呈现倒 U 形结构,故在模型(9)和(11)中将环境纵向分权设定为二次多项式去拟合两者之间的关系;此外,环境横向分权对清洁生产技术扩散指数以及末端治理技术扩散指数的影响呈现 U 形结构,因此我们将模型(10)和(12)中的环境横向分权也设定为二次多项式以拟合两者之间的关系。具体的非线性检验模型设定如下:

$$\ln CPT_{it} = \alpha_i + \lambda_1 \ln ZED_{it} + \lambda_2 (\ln ZED_{it})^2 + f_2(\ln HED_{it}) + \beta_1 \ln QSF_{it} + \beta_2 \ln QRD_{it} + \beta_3 \ln FDI_{it} + \beta_4 \ln EXD_{it} + \beta_5 \ln URB_{it} + \beta_6 \ln MRK_{it} + e_{it} \quad (9)$$

$$\ln CPT_{it} = \alpha_i + f_1(\ln ZED_{it}) + \lambda_3 \ln HED_{it} + \lambda_4 (\ln HED_{it})^2 + \beta_1 \ln QSF_{it} + \beta_2 \ln QRD_{it} + \beta_3 \ln FDI_{it} + \beta_4 \ln EXD_{it} + \beta_5 \ln URB_{it} + \beta_6 \ln MRK_{it} + e_{it} \quad (10)$$

$$\ln EMT_{it} = \alpha_i + \lambda_1 \ln ZED_{it} + \lambda_2 (\ln ZED_{it})^2 + f_2(\ln HED_{it}) + \beta_1 \ln QSF_{it} + \beta_2 \ln QRD_{it} + \beta_3 \ln FDI_{it} + \beta_4 \ln EXD_{it} + \beta_5 \ln URB_{it} + \beta_6 \ln MRK_{it} + e_{it} \quad (11)$$

$$\ln EMT_{it} = \alpha_i + f_1(\ln ZED_{it}) + \lambda_3 \ln HED_{it} + \lambda_4 (\ln HED_{it})^2 + \beta_1 \ln QSF_{it} + \beta_2 \ln QRD_{it} + \beta_3 \ln FDI_{it} + \beta_4 \ln EXD_{it} + \beta_5 \ln URB_{it} + \beta_6 \ln MRK_{it} + e_{it} \quad (12)$$

各变量定义与前文相同。AIC 指数的计算方式:

$$AIC = -2 \log \hat{L}_c + 2df \quad (13)$$

其中 L_c 为模型的均方差, df 为模型的自由度。AIC 指数越小,表示模型的拟合效果越好。清洁生产技术扩散和末端治理技术扩散的非线性检验估计结果及其 AIC 指数见表 5。

由表 5 可知,首先,模型(9)和模型(11)的多项式系数分别在 1% 和 5% 的水平上显著,且模型的一次项系数为正、二次项系数为负,故模型(9)和模型(11)可以拟合环境纵向分权与清洁生产技术扩散指数以及末端治理技术扩散指数之间的倒 U 形关系;其次,模型(10)和模型(12)的多项式系数也分别在 1% 和 5% 的水平上显著,且模型一次项系数为负、二次项系数为正,模型(10)和模型(12)可以拟合环境横向分权与清洁生产技术扩散指数以及末端治理技术扩散指数之间的 U 形关系;同时,在清洁生产技术扩散的估计模型中,模型(7)、(9)和(10)的 AIC

表 5 多项式设定模型估计结果及 AIC 指数

变量	清洁生产技术扩散				末端治理技术扩散			
	(5)	(9)	(10)	(7)	(6)	(11)	(12)	(8)
$\ln ZED$		0.114 *** (0.024)				0.021 ** (0.026)		
$(\ln ZED)^2$		-0.054 ** (0.014)				-0.027 ** (0.012)		
$\ln HED$			-0.528 *** (0.321)				-0.532 *** (0.411)	
$(\ln HED)^2$			0.061 ** (0.036)				0.113 ** (0.054)	
AIC	-1 237.8	-1 235.3	-1 229.8	-1 225.1	-1 471.5	-1 467.2	-1 467.4	-1 464.1

注: 括号内为标准误, ***, ** 表示在 1%、5% 的水平上显著。

指数均大于模型(5),故模型(5)的估计结果更稳健;在末端治理技术扩散的拟合模型中,模型(6)的AIC指数最小,结果最稳健。综上所述,非线性检验再次验证了偏线性可加面板模型估计结果的最优性和稳健性。

5 主要结论与政策含义

本文采用偏线性可加面板模型研究了包括纵向分权和横向分权的环境分权与清洁生产技术及末端治理技术等环保技术扩散之间的关系,并对其背后的原因进行了深入分析,得出以下结论与政策含义:

第一,环境纵向分权对清洁生产技术扩散和末端治理技术扩散的影响均呈现倒U形结构,适度的环境纵向分权可以促进环保技术的扩散。伴随着纵向分权中地方政府权责的加大,可能会对环保技术扩散产生负面影响。故过度的分权不利于环保技术的扩散,应该合理划分中央地方间环境事权,充分利用地方环保部门的信息优势的同时加强外部监管,防止环境保护在地方的失控。同时,不同技术类型与技术扩散特征受分权的影响也存在差异,应针对性进行规制。

第二,环境横向分权对清洁生产技术扩散和末端治理技术扩散的影响均呈现U形结构。地方政府环境横向分权需要达到一定程度方能对环保技术的扩散产生正向影响,即企业在排污违法成本与技术引进的投资成本之间进行选择。在横向分权超过U型拐点时,地方政府对环境保护越重视,地方企业受到的环境监管力度越大,越有利于环保技术的扩散。因此,地方政府应强化环境横向分权的工作,令环境规制的力度快速跨越扩散的U型拐点,促进环保技术的快速有效扩散。自2016年地方环境管理体制实施省级以下垂直管理体制,可以视为这一理论观点在实践中的应用。同时,中央政府也应通过系统化导向和激励,充分调动地方政府参与环境保护的积极性,加大环境保护在绩效考核中的比重,促进地方政府的环境横向分权。

第三,企业的税收负担不利于环保技术扩散,应加大绿色补贴以激励企业引进环保技术。技术偏向型企业更倾向于引进环保技术,政府应该鼓励高新技术产业发展,转变经济发展模式。此外,地区经济开放度、城镇化水平以及地区营商环境对环保技术的有效扩散多数产生正向影响。地方政府在调控地方横向分权加强环境直接规制的基础上,也应在相关环节及时加以优化。

(编辑:刘照胜)

参考文献

[1]孙丽文,曹璐,吕静韦.基于DPSIR模型的工业绿色转型评价研究——以河北省为例[J].经济与管理评论,2017,33(4):

120-127.

[2]李瑞昌.政府间网络治理:垂直管理部门与地方政府间关系研究[M].上海:复旦出版社,2012.

[3]赵成.论我国环境管理体制中存在的主要问题及其完善[J].中国矿业大学学报(社会科学版),2012,14(2):38-43.

[4]孙畅.地方环境监察监测执法垂直管理体制变革:利弊争论与改革方向[J].中国行政管理,2016(12):13-17.

[5]刘洋,万玉秋,缪旭波,等.关于我国环境保护垂直管理问题的探讨[J].环境科学与技术,2010,33(11):201-204.

[6]杜俊涛,陈雨,宋马林.财政分权、环境规制与绿色全要素生产率[J].科学决策,2017(9):65-92.

[7]祁毓,卢洪友,徐彦坤.中国环境分权体制改革研究:制度变迁、数量测算与效应评估[J].中国工业经济,2014(1):31-43.

[8]白俊红,聂亮.环境分权是否真的加剧了雾霾污染?[J].中国人口·资源与环境,2017,27(12):59-69.

[9]顾海波.中国环境技术扩散的法律激励机制探析[J].科技进步与对策,2005(8):69-71.

[10]董阳.环境监管对环境技术发展水平的影响——聚焦环境监管下的环境技术创新与扩散[J].中国科技论坛,2017(11):51-62.

[11]郭红燕,韩立岩.外商直接投资、环境管制与环境污染[J].国际贸易问题,2008(8):111-118.

[12]VEEN R A, VAN D, KASMIRE J, et al. Combined heat and power in Dutch greenhouses: a case study of technology diffusion[J]. Energy policy, 2015, 87: 8-16.

[13]ALBORNOZ F, COLE M A, ELLIOTT R J R, et al. In search of environmental spillovers[J]. World economy, 2009, 32: 136-163.

[14]KHORASANIZADEH H, HONARPOUR A, PARK S A, et al. Adoption factors of cleaner production technology in a developing country: energy efficient lighting in Malaysia[J]. Journal of cleaner production, 2016, 131: 97-106.

[15]周力,应瑞瑶.外商直接投资与工业污染[J].中国人口·资源与环境,2009,19(2):42-50.

[16]MONTALVO C. General wisdom concerning the factors affecting the adoption of cleaner technologies: a survey 1990-2007[J]. Journal of cleaner production, 2008, 16: 7-13.

[17]汪利平,于秀玲.清洁生产和末端治理的发展[J].中国人口·资源与环境,2010,20(S1):428-431.

[18]陈媛媛.工业集聚对行业清洁生产与末端治理的影响[J].南方经济,2011(5):17-27.

[19]景维民,张璐.环境管制、对外开放与中国工业的绿色技术进步[J].经济研究,2014,49(9):34-47.

[20]李婉红.排污费制度驱动绿色技术创新的空间计量检验——以29个省域制造业为例[J].科研管理,2015,36(6):1-9.

[21]李春磊.技术溢出、技术扩散的非线性与全球风险资本的发展创新[J].科技进步与对策,2011,28(6):15-17.

[22]ABDALH A A, ABUGAMOS H. A semi-parametric panel data

- analysis on the urbanisation-carbon emissions nexus for the Mena countries[J]. *Renewable & sustainable energy reviews*, 2017, 78: 1350 - 1356.
- [23] AI C, YOU J, ZHOU Y. Estimation of fixed effects panel data partially linear additive regression models [J]. *Econometrics journal*, 2014, 17: 83 - 106.
- [24] 康达华, 李郁芳. 科技进步对中央政府间环评审批事权划分的影响——基于 1997—2013 年省级面板数据 [J]. *财经论丛*, 2016(9): 101 - 110.
- [25] 陆远权, 张德钢. 环境分权、市场分割与碳排放 [J]. *中国人* 口·资源与环境, 2016, 26(6): 107 - 115.
- [26] 张华, 丰超, 刘贯春. 中国式环境联邦主义: 环境分权对碳排放的影响研究 [J]. *财经研究*, 2017, 43(9): 33 - 49.
- [27] 陈诗一, 陈登科. 雾霾污染、政府治理与经济高质量发展 [J]. *经济研究*, 2018, 53(2): 20 - 34.
- [28] 樊纲, 王小鲁, 朱恒鹏. 中国市场化指数——各地区市场化相对进程 2011 年报告 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2011: 56 - 80.
- [29] 王小鲁, 樊纲, 余静文. 中国分省份市场化指数报告 (2016) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2017: 1 - 27.

On the influence of ‘strip and block coexistence’ environmental decentralization on technology diffusion of environmental protection

SONG Ying-jie^{1,2} LIU Jun-xian¹

(1. College of Finance, Shandong Business and Technology University, Yantai Shandong 264005, China;

2. School of Public Economy and Management, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

Abstract The diffusion degree of environmental protection technology is directly related to the final effect of environmental governance, and as a quasi-public product with certain positive externalities, its diffusion cannot be separated from the government's promotion. What is the influence of the bidirectional environmental decentralization management system that has been implemented for a long time in China on the technology diffusion of environmental protection? How should the future environmental management system reform be adjusted? Based on this, from the perspective of two-way decentralization (strip and block coexistence), this paper analyzes the effect of environmental decentralization on the spread of environmental technology diffusion and puts forward the theoretical hypothesis. At the same time, the panel data from 30 provinces in China from 2004 to 2016 were selected, the influence of China's environmental decentralization on environmental protection technology diffusion was empirically tested using the partial linear additive panel model, and the robustness of the empirical results was tested by parameter test and nonlinear test. It is found that vertical environmental decentralization, which represents ‘strip governance’, has an inverted U-shaped influence on the clean production technology and end-treatment technology. A reasonable division of vertical environmental decentralization can promote the technology diffusion of environmental protection. Meanwhile, horizontal environmental decentralization, which represents ‘block governance’, has a U-shaped influence on the above technology. To promote the technology diffusion of environmental protection, coordination of local governments is required in order to strengthen horizontal decentralization in below-provincial regions, which theoretically supports the central government's implementation of vertical management of environmental protection supervision departments in below-provincial regions in 2016. The sensitivity of different technology diffusion toward environmental governance varies. Besides, empirical result was analyzed from the perspective of marginal effect. In addition, it is also found that the tax burden of enterprises, technology types, openness to investment, export dependency, urbanization and marketization levels have a certain impact on the diffusion of different types of environmental protection technologies. Policy recommendations are proposed in the end.

Key words environmental decentralization; environmental protection technology diffusion; partial linear additive panel model