

环境治理、技术进步与绿色经济发展绩效

何雄浪,白玉

(西南民族大学 经济学院,四川 成都 610225)

[摘要]以2003—2020年我国30个省份作为研究样本,构建动态面板模型探讨环境治理和绿色经济发展绩效之间的关系,并利用中介效应模型研究环境治理通过技术进步影响区域绿色经济发展绩效的中介效应。研究结果表明,环境治理与区域绿色经济发展绩效之间存在正U型关系,即环境治理对绿色经济发展具有先抑制后促进的作用;技术进步在环境治理影响区域绿色经济发展绩效中发挥中介作用,且技术进步能够显著促进区域绿色经济发展绩效提升;环境治理对绿色经济发展绩效的影响呈现出地区差异性,南方地区表现出明显的正U型关系,而北方地区两者关系不显著。

[关键词]环境治理;技术进步;绿色经济;发展绩效;区域差异性

[中图分类号]F062.2 **[文献标志码]**A **[文章编号]**2096-3114(2023)02-0103-09

一、引言

人与自然是不可分割的生命共同体,生态环境保护与经济发展辩证统一,相辅相成。习近平总书记在党的二十大报告中强调指出要“推进美丽中国建设,坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理,统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展”^①。绿色经济是以资源节约和环境友好作为主要特征的经济形式,具有低耗能、低污染、高附加值、集约化生产等特点。发展绿色经济,有助于建设人与自然和谐共生的现代化,让良好生态环境成为人民幸福生活的增长点,促进经济的稳定、健康、可持续发展。长期以来,以环境作为代价的粗放型经济发展方式使得我国部分地区陷入了资源硬约束、环境污染严重的境况,导致生态系统退化,影响人民的健康幸福生活,也严重制约着经济的可持续发展。打好污染防治攻坚战,对于促使生态文明建设迈上新台阶,提升居民的生活质量与幸福指数具有重要意义。从长远来看,加强环境治理是发展绿色经济的必要条件,只有保持良好的生态环境才能实现经济的绿色可持续发展。然而,从短期来看,环境治理必然需要大量的资金投入,尤其是在进行技术改造与产业绿色化转型初期,需要投入大量资金进行技术升级与购置治污设备,这在一定程度上会对企业与政府造成较大的资金压力,所以环境治理在短期与长期对地区经济发展的影响可能会有所不同。发展绿色经济不可忽视技术进步的力量,技术进步是引领发展的第一动力,它为绿色经济发展提供强有力的保障。环境治理产生的有效需求推动环保技术不断创新,因此,明确技术进步在环境治理与绿色经济发展之间的关系,对于政府与企业调整技术创新支持力度,加快绿色经济发展具有重要意义。

现有研究大多从环境质量和经济增长、环境治理和绿色经济、技术进步和绿色经济三方面展开。关于环境质量与经济增长关系的讨论,大多数学者围绕环境库兹涅茨曲线(EKC)假说是否成立展开。Cross-

[收稿日期]2022-10-18

[基金项目]国家社会科学基金项目(21BJL045)

[作者简介]何雄浪(1972—),男,四川南充人,西南民族大学经济学院教授,博士生导师,博士,主要研究方向为区域经济学,邮箱:hexionglang@sina.com;白玉(1997—),女,四川巴中人,西南民族大学经济学院硕士生,主要研究方向为区域经济学。

①<http://www.gov.cn/zhuanti/zggddescqgdbdh/sybgqw.htm>

man 和 Krueger 研究了 66 个国家的环境污染与经济增长之间的关系,研究结果表明经济发展水平与环境污染呈倒 U 型关系,这就是经典的环境库兹涅茨曲线(EKC)假说^[1]。在此之后,许多学者作了进一步研究,大多数学者认为 EKC 假说是成立的。Verbeke 和 Clercq 研究认为,经济增长对污染排放的影响取决于收入水平,达到一定的收入水平后,经济增长就会减少污染排放^[2]。陈华文和刘康兵研究发现,对于多数指标而言,EKC 假说成立,并且不同的环境质量指标对应于不同的转折点^[3]。李猛用“人均地方财政能力”取代“人均收入”变量,研究发现人均地方财政能力水平与环境污染程度之间存在倒 U 型关系^[4]。周正柱等以长江经济带为例验证了人均工业“三废”和人均 GDP 符合环境库兹涅茨曲线的倒 U 型关系^[5]。

理论上环境治理能够促进绿色经济发展,大多学者的研究结果也证实了这一点,只是促进效果不一致。Ahmed 等认为环境治理是促进绿色经济发展的重要影响因素,加大环境治理力度是促进绿色经济发展绩效提升的重要手段^[6]。刘成昆和杨容滔研究发现,环境规制对提高绿色经济发展水平具有显著促进作用^[7]。李丹通过多期双重差分方法估计发现,环境规制政策能够促进绿色经济效率的提升^[8]。王东和李金叶通过对我国省级面板数据的实证分析,研究发现同时增加 R&D 投入强度和環境规制强度对区域绿色经济效率提升有正向促进作用^[9]。

多数学者的研究结果证实了技术进步能够促进绿色经济发展。冯锐指出绿色技术创新在很大程度上直接决定着绿色经济效率的提升^[10]。孟望生和张扬认为在绿色经济增长的贡献中,科技创新是主要源泉^[11]。陈思杭等以长江经济带省级数据为例,研究发现绿色技术进步能够长期正向促进绿色经济发展^[12]。Zhao 等研究发现,技术投入可以促进绿色全要素生产率的提高^[13]。Zhang 和 Li 认为一个地区要想有效地实现高效率的绿色经济,最好的办法是完善技术创新、城镇化、市场化和环境规制^[14]。也有些学者认为技术进步促进绿色经济发展的作用不明显甚至还会起到抑制作用。例如,杨文举发现大多数省份资本深化对绿色经济发展的相对贡献最大,技术进步次之,而且资本深化的相对贡献会大于技术效率变化和技术进步的共同作用^[15],郝国彩等学者研究发现,技术进步不能促进区域内绿色经济绩效提升,且显著抑制区域间绿色经济绩效的发展^[16]。

综上,研究环境质量和经济增长、环境治理和绿色经济、技术进步和绿色经济的文献较多,但是从技术进步的角度出发探讨环境治理影响绿色经济发展绩效的研究有待完善。环境治理能够促进经济绿色发展吗?技术进步能够促进经济发展,对环境质量的高要求又能反过来推动技术进步,那么技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效的过程中又发挥怎么样的作用?本文以 2003—2020 年全国 30 个省份作为研究样本,构建动态面板模型探讨环境治理和绿色经济发展绩效之间的关系,并利用中介效应模型研究环境治理通过技术进步影响区域绿色经济发展绩效的中介效应。由此,相比于已有文献,本文可能的边际贡献主要体现在:第一,本文构建绿色经济发展绩效衡量指标体系,运用熵值法测算绿色经济发展绩效。第二,探究环境治理和绿色经济发展绩效之间的非线性关系。第三,探讨环境治理影响区域绿色经济发展绩效的传导路径。

二、理论分析与研究假设

环境治理对绿色经济发展的影响方向可能不一致,我们从环境治理的成本效应和创新补偿效应两方面进行机制分析,认为环境治理和绿色经济发展绩效之间存在非线性关系。技术进步是经济发展的重要动力,而环境治理的创新补偿效应激励技术进步,以此为出发点,我们进一步探讨技术进步在环境治理和绿色经济发展之间发挥中介作用的理论机制。

(一) 环境治理与绿色经济发展绩效的关系分析

环境治理是指为预防和治理生产、生活中产生的各种污染,以达到改善环境状态目的而采取的措施和投资。高强度的环境治理通过两个途径达到减轻污染、保护环境的目标。一是提高企业进入市场的绿色门槛,加大污染程度较高的企业进入市场的难度。在市场准入环节,增加高污染、高耗能企业的沉没成本,

产生“挤出效应”。二是提高绿色、清洁生产企业的经济收益,增加对污染程度较小企业的吸引力。环境治理强度越高,对轻度污染行业越有利,该类行业的生产企业能获得更高的收益回报;重度污染行业和绿色行业之间的利润差异渐渐变大,会促使生产要素向利润较高的行业进行转移,能有效控制污染程度较高企业的规模,达到减轻污染、保护环境的目标。环境治理的主要目的是保护环境,但对经济增长的影响效果也不容忽视。根据已有文献研究结果可知,环境治理对绿色经济发展绩效的影响方向并不一致^[17]。

绿色经济发展绩效受到环境治理“成本效应”的影响。根据环境治理的成本理论,环境治理强度的增加会提升管辖区域范围内企业的生产成本,这会使得企业获得的经济收益下降,不利于企业的进一步发展,严重的可能会导致企业的市场竞争力下降,迫使企业退出市场,这在宏观上会影响到地区的产业结构。由于环境规制强度加大会导致企业向绿色化转型,将使部分资本、劳动力用于环境治理,使企业的生产资金减少,并且资源的有限性让企业难以扩大规模形成规模效应,从而不利于经济增长。此外,环境规制强度的加大将倒逼污染型企业迁移,以减少环境约束性和控制环境治理成本。因此,企业会倾向于在环境约束力量较弱的区域投资建厂,从而控制生产成本,但这类地区往往是经济发展相对欠发达的区域。从短期来看,企业规模的扩张会使相对欠发达地区的生产资源和环境资源超负荷使用,造成环境的严重恶化,但长期看来,随着地区经济的持续发展,环境治理强度也会逐渐加大,最终也将推动环境保护技术的不断进步。所以,绿色经济发展绩效会受到环境治理“创新补偿”效应的影响。面对严格的环境治理要求,企业会选择加大研发经费和研发人员投入力度,推动技术创新,技术创新提高生产效率,有利于企业扩大生产规模。因此,环境规制和科技创新存在协同效应,这在宏观上表现为环境治理会对经济增长起到促进作用。另外,随着民众生活水平的提升,民众的环保意识不断加强,这有利于经济发展和环保工作的积极开展。当环境治理力度严格且合理时,企业技术创新创造的经济收益超过环境治理产生的成本,这能够正向推动地区经济优质发展,有利于绿色经济发展绩效的提升,反之则抑制绿色经济发展。当环境治理力度较弱,地区内企业依然选择资源消耗的生产方式,没有进行技术创新的动力和倾向,同时也会吸引高污染、高耗能企业迁入当地,这从宏观上表现为当地经济的数值增长,但随着生产资源和环境资源衰竭,环境问题日益严重,对经济发展最终会产生负向影响。

基于上述分析,本文提出假设1。

假设1:环境治理和绿色经济发展绩效之间存在非线性关系。

(二) 技术进步的中介效应分析

环境保护政策促使企业通过增加治污设备、加大绿色技术创新等方式来实现绿色生产,进而影响技术进步。环境治理对技术进步的影响可从两方面来分析。一是环境治理对绿色经济发展具有成本效应。购置治污设备和进行绿色技术创新的资金投入增加了企业的生产成本,当技术进步的经济效益低于环境治理的生产成本时,企业会选择减少技术研发投资。所以,环境治理的“成本效应”不利于企业的技术进步。二是环境治理对绿色经济的发展具有“创新补偿”效应。合理的环境治理强度能刺激企业创新生产技术,产生补偿效应,实现帕累托改进。环境治理会使得企业有成本加大的压力,从而激励企业进行技术创新。企业技术进步产生的经济效益,在抵消技术创新所需成本的同时,为企业创造净利润。企业经济效益的提升有利于企业核心竞争力的增加。企业会通过改善投资环境、改进生产技术、降低污染物的排放量、提高生产的绿色化水平等方式来实现环境治理的目标。短期内技术进步为企业带来的经济效益较低或不存在,这使得企业投资者出于对眼前利益的考虑而失去对技术创新投资的兴趣。但是政府部门对环境治理政策的高度重视有利于投资者规避这种短视行为,加大技术创新的投资力度,不断提升企业的技术创新水平。技术创新是提高绿色全要素生产率的有效路径。同时,技术进步又会改变企业的生产方式,使其技术创新水平和生产效率得到进一步提升。综上,环境治理的“创新补偿”会促进企业的技术进步。

技术进步是推动生产力发展的关键要素,也是绿色经济发展的重要动力。人们对更便捷和更美好生活的向往以及企业对更高利润的追求是推动环境友好型技术进步的重要力量。愈加严格的环保条令使生

生产者将生态环境保护成本纳入生产成本,企业对清洁生产技术和绿色技术设备的需求增加。环境友好型技术产品的不断完善,使得生产过程更加清洁、环保和智能,进而带动各个行业转向环保型生产、管理和服务,这表明技术进步是新时代绿色发展的重要推动力量。环境治理通过成本效应和创新补偿效应影响技术进步,技术进步又对绿色经济发展具有正向影响。因此,环境治理对绿色经济发展绩效的影响可能通过技术进步来发挥作用,即技术进步在环境治理和绿色经济发展绩效之间会起到中介作用。

基于上述分析,本文提出假设 2。

假设 2:技术进步构成环境治理影响绿色经济发展绩效的中介变量,环境治理通过促进技术进步来提升绿色经济发展绩效。

三、研究设计

根据环境治理与绿色经济发展绩效的理论分析结果,本文构建非线性面板模型,以我国 30 个省份(不含港澳台及西藏地区)为研究样本,实证研究两者之间的非线性关系。根据技术进步的中介效应理论分析结果,我们构建中介效应模型,研究环境治理通过技术进步影响地区绿色经济发展绩效的中介效应。

(一) 计量模型的构建

本文构建如下三个计量模型:

$$GD_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 IE_{it} + \alpha_2 IE_{it}^2 + \alpha_3 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$TE_{it} = \beta_0 + \beta_1 IE_{it} + \beta_2 IE_{it}^2 + \beta_3 X_{it} + \delta_{it} \quad (2)$$

$$GD_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 IE_{it} + \gamma_2 IE_{it}^2 + \gamma_3 TE_{it} + \gamma_4 X_{it} + \mu_{it} \quad (3)$$

其中, GD_{it} 表示绿色经济发展绩效, IE_{it} 表示环境治理, IE_{it}^2 为环境治理的二次项, TE_{it} 表示技术进步, X_{it} 是控制变量的集合。 α_0 、 β_0 、 γ_0 为常数项, α_j 、 β_j 、 γ_j ($j = 1, 2, 3$) 是解释变量、中介变量和控制变量的估计系数, ε_{it} 、 δ_{it} 、 μ_{it} 是计量模型的随机误差项,下标 i 、 t 分别表示地区与时间。模型(1) 为基础计量模型,主要探讨环境治理与绿色经济发展绩效之间存在的非线性关系。模型(1) 至模型(3) 共同构成中介效应模型,用来检验技术进步在环境治理影响绿色发展绩效过程中的中介效应。

由于环境治理与绿色经济发展绩效可能存在相互影响的双向因果关系,因此我们在上述三个模型中增加被解释变量的一阶滞后项,构建如下动态面板模型:

$$GD_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 IE_{it} + \alpha_2 IE_{it}^2 + \alpha_3 GD_{it-1} + \alpha_4 X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$TE_{it} = \beta_0 + \beta_1 IE_{it} + \beta_2 IE_{it}^2 + \beta_3 TE_{it-1} + \beta_4 X_{it} + \delta_{it} \quad (5)$$

$$GD_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 IE_{it} + \gamma_2 IE_{it}^2 + \gamma_3 TE_{it} + \gamma_4 GD_{it-1} + \gamma_5 X_{it} + \mu_{it} \quad (6)$$

GD_{it-1} 表示绿色经济发展绩效的滞后一期, TE_{it-1} 表示技术进步的滞后一期,其余变量含义如前文所述。

(二) 变量测度及说明

1. 被解释变量。绿色经济发展绩效(GD) 为被解释变量。本文选择经济效益、人民生活和绿色环保三方面为准则层,根据数据的合理性与可得性,选取 14 个具体测度指标,运用熵值法测算绿色经济发展绩效。14 个具体测度指标中城乡收入比、单位 GDP 能耗、电力消耗率、粉尘排放率和二氧化硫排放率为逆向指标,其余 9 个指标为正向指标(见表 1)。本文对数据进行标准化处理,以消除数据间因量纲产生的差异。

表 1 绿色经济发展绩效衡量指标体系

准则层	具体测度指标	单位	指标属性
经济效益	人均地区生产总值	万元/人	正
	人均财政支出	万元/人	正
	全员劳动生产率	万元/人	正
	资本生产率	%	正
	第三产业占比	%	正
人民生活	居民可支配收入	万元	正
	城乡收入比	%	负
	城镇化率	%	正
	建成区绿化覆盖率	%	正
绿色环保	生活垃圾无害化处理率	%	正
	GDP 能耗	吨标准煤/万元	负
	电力消耗率	千瓦时/元	负
	粉尘排放率	吨/元	负
	二氧化硫排放率	吨/元	负

2. 核心解释变量。环境治理(*IE*)为核心解释变量。本文用环境治理投资总额与地区生产总值之比衡量各地区环境治理的强度,其中环境治理投资总额包括工业污染治理投资、城市环境基础设施投资和建设项目“三同时”环保投资。

3. 中介变量。技术进步(*TE*)为中介变量,技术进步分为人才型、成本型和收入型技术进步。人才型技术进步作为基础回归技术进步(*TE*)的测量指标,我们采用每年大专及以上学历的学生数与总人口之比衡量。成本型技术进步(*TE1*)用R&D经费内部支出与固定资产之比衡量,收入型技术进步(*TE2*)用专利市场成交额与GDP之比衡量。成本型技术进步和收入型技术进步在进行稳健性检验时替代基础回归技术进步(*TE*)的衡量指标。

4. 控制变量。为控制其他因素对绿色经济发展绩效的影响,我们选择基础交通、信息化水平和开放程度作为本文的控制变量。基础交通(*TRA*),用各地区道路面积密度(年末实有道路面积与城区面积之比)来衡量各地区的基础交通运输能力。信息化水平(*INF*),本文用互联网接入端口数与地区总人口之比来衡量,缺失的互联网接入端口数用移动互联网上网人数替代。开放程度(*PEN*),我们用各地区进出口总额与地区生产总值的比值来衡量。

(三) 数据来源和描述性统计

本文选择2003—2020年我国30个省级地区(不含港澳台及西藏地区)为研究样本。数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国能源统计年鉴》等。主要变量描述性统计结果如表2所示。

表2 变量描述性统计

变量名称	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
<i>GD</i>	540	70.640	17.679	38.726	149.511
<i>IE</i>	540	2.507	1.748	0.276	11.365
<i>TE</i>	540	10.545	6.800	0.001	47.306
<i>TE1</i>	540	1.407	6.004	0.004	103.803
<i>TE2</i>	540	1.375	4.185	0.017	80.098
<i>TRA</i>	540	3.990	4.193	0.101	30.440
<i>INF</i>	540	32.753	23.856	1.885	107.426
<i>PEN</i>	540	178.662	348.175	0.765	2230.266

四、实证结果分析

我们采用基本面板模型对环境治理和绿色经济发展绩效进行回归分析,同时也将选择动态面板回归分析模型来分析技术进步对环境治理和绿色经济发展绩效之间发挥的中介作用。

(一) 基础回归

表3列(1)至列(5)的回归结果显示,环境治理一次项系数显著为负值,环境治理二次项系数均为正值,且都在10%及以上的显著性水平显著,这表明我国环境治理和绿色经济发展绩效之间存在显著的正U型关系,这支持了本文提出的假设1。环境治理初期并不会加快绿色经济发展,但当环境治理强度突破拐点之后,会逐步加快绿色经济发展绩效提升速度。当环境治理强度较小时,环境治理投入的规模和数量未达到促进绿色经济发展绩效提升的阈值,环境治理的“成本效应”更为突出,不利于绿色经济发展。我国环境治理与绿色经济发展绩效之间存在明显的正U型关系,且大部分省份的环境治理都未超过拐点,这说明我国环境治理强度有待进一步加强,生态文明建设、绿色经济发展任重而道远。

表3 基础回归结果

	OLS (1)	FE (2)	FGLS (3)	MLE (4)	GMM (5)
<i>IE</i>	-5.0090** (-2.21)	-7.3129*** (-4.91)	-7.1344*** (-4.85)	-7.1919*** (-11.40)	-1.0830*** (-3.44)
<i>IE</i> ²	0.5960*** (2.86)	0.5516*** (3.77)	0.5473*** (3.76)	0.5485*** (7.83)	0.0636* (1.83)
<i>GD</i> _{<i>t-1</i>}					0.9448*** (43.64)
<i>X</i>	是	是	是	是	是
<i>N</i>	540	540	540	510	450
<i>R</i> ²	0.3239	0.5921			
AR(1)					-4.11
AR(2)					-1.49

注:OLS、FE模型中括号内数字为t检验统计量,FGLS、MLE、GMM模型中括号内数字为z检验统计量,***、**、*分别表示计量结果1%、5%、10%水平上显著。AR(1)和AR(2)检验分别为一阶和二阶序列相关检验。系数精确度保留到小数点后四位。下同。

(二) 技术进步的中介效应

基础回归结果显示绿色经济发展绩效的滞后项系数显著为正,说明环境治理与绿色经济发展绩效之间的双向影响效果显著。为剔除两者之间的双向影响,进行中介效应分析时我们采用动态面板回归分析方法。

表4列(1)至列(3)的回归结果表明,技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效的过程中发挥中介作用,即环境治理对绿色经济发展绩效的影响一部分通过技术进步传递。对比列(1)和列(3)的回归结果可知,环境治理二次项系数均显著为正,环境治理的一次项系数都在1%的显著性水平上显著为负,环境治理系数的绝对值变化幅度较大,这说明技术进步在环境治理与绿色经济发展之间发挥显著中介作用。列(3)的回归结果显示技术进步的系数显著为正,这说明技术进步在环境治理影响绿色经济发展中存在部分中介效应,且技术进步能显著促进绿色经济发展。因此,在环境治理促进绿色经济发展绩效提高的过程中,高强度的环境治理会提高厂商改进生产技术和生产过程的意愿,加大厂商研发环保产品的力度,厂商通过技术进步提升产品生产能力和污染处理能力。这表明环境治理通过技术进步产生的中介效应进一步增强对绿色经济发展绩效的正向促进作用。综上,本文假设2得到支持。

表4 中介效应估计结果

	GD (1)	TE (2)	GD (3)
IE	-1.0830*** (-3.44)	0.3036* (1.77)	-1.5445*** (-3.20)
IE ²	0.0636* (1.83)	0.0011 (0.05)	0.0982* (1.76)
TE			0.2604*** (6.50)
GD _{t-1}	0.9448*** (43.64)		0.8870*** (31.71)
TE _{t-1}		0.6342*** (25.41)	
X	是	是	是
N	450	450	450
AR(1)	-4.11	-3.24	-4.28
AR(2)	-1.49	0.51	0.20

五、异质性分析

为研究在不同时期和地区环境治理对绿色经济发展绩效的影响,以及技术进步在环境治理和绿色经济绩效之间起到的中介作用存在怎样的差异,我们进行异质性分析,同时也采用更换数据样本和指标测度角度的方法进行稳健性检验。

(一) 时期异质性

党的十八大以来,国家将生态文明建设放到更加重要的战略位置,因此我们将样本数据分成2003—2011年和2012—2020年两个时间段进行回归分析。

表5中列(1)的回归结果显示,2003—2011年期间,环境治理与地区绿色经济发展绩效之间存在不显著的正U型关系。列(1)至列(3)的环境治理一次项和二次项的系数显著性不一致,根据中介效应判定依据可知,技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效的过程中起到不显著的中介作用。列(3)的回归结果显示,技术进步的系数显著为正,说明技术进步显著促进绿色经济发展绩效提升。列(1)和列(3)的回归结果显示环境治理二次项系数的正负性不一致,这进一步

表5 时期异质性中介效应回归结果

	2003—2011年			2012—2020年		
	GD (1)	TE (2)	GD (3)	GD (4)	TE (5)	GD (6)
IE	-0.4677 (-1.17)	0.8600*** (3.16)	3.0578*** (6.84)	-1.2348 (-1.29)	-0.6912*** (-4.94)	-0.5448** (-2.31)
IE ²	0.0571 (0.92)	-0.0329 (-0.72)	-0.3265*** (-5.94)	0.4572* (1.83)	0.1323*** (6.83)	0.0491* (1.94)
TE			0.4711*** (9.52)			0.6526*** (8.05)
GD _{t-1}	0.9084*** (235.09)		0.8776*** (28.17)	1.5188*** (16.84)		0.5262*** (33.18)
TE _{t-1}		0.9792*** (89.67)			0.6455*** (25.99)	
X	是	是	是	是	是	是
N	240	240	240	210	210	210
AR(1)	-2.69	-3.73	-2.84	-1.08	-2.84	-1.84
AR(2)	-1.29	0.10	2.31	-0.09	-2.46	-1.55

说明技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效过程中的中介作用不显著。2012—2020年期间,环境治理与地区绿色经济发展绩效之间存在显著的正U型关系。比较列(4)和列(6)的环境治理一次项系数和二次项系数可知,技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效的过程中发挥显著中介作用。由列(6)的回归结果可知,技术进步的系数在1%显著性水平显著为正,说明技术进步对提升地区绿色经济发展绩效具有显著的促进作用。比较两个时间段的回归结果后发现不同之处主要有两点:一是在2003—2011年期间,技术进步在环境治理和绿色经济发展绩效之间存在不显著的中介效应,而2012—2020年期间中介效应显著;二是在2012—2020年期间,环境治理与绿色经济发展绩效之间存在具有显著的正U型关系,而2003—2011年期间这种正U型关系不显著。两个时间段的相同点是技术进步对绿色经济发展绩效具有显著促进作用。

(二) 地区异质性

我国南北^①经济发展和环境状况存在较大的差异,所以本文将样本30个省份(不含港澳台及西藏地区)的面板数据分为北方地区和南方地区进行地区异质性分析。

根据表6列(1)至列(3)的回归结果,南方环境治理和绿色经济发展绩效之间存在显著正U型关系,技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效的过程中起到显著的中介作用。比较列(1)和列(3)的回归结果发现,环境治理二次项系数均显著为正,且系数绝对值大小相差较大,这说明技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效的过程中影响显著并且程度较高。根据列(4)的回归结果,北方环境治理与绿色经济发展绩效之间存在不显著的正U型关系。比较列(4)至列(6)的回归结果发现,环境治理二次项系

表6 地区异质性中介效应回归结果

	南方			北方		
	GD (1)	TE (2)	GD (3)	GD (4)	TE (5)	GD (6)
IE	-3.3042*** (-3.02)	-2.8842* (-1.91)	-3.4763*** (-2.80)	-1.7476 (-1.60)	-1.1485* (-1.80)	-2.0905* (-1.75)
IE ²	0.3931** (2.09)	0.6193** (2.11)	0.4213** (2.01)	0.1238 (1.05)	0.1149* (1.82)	0.1799 (1.27)
TE			-0.0424 (-0.42)			-0.2576 (-0.67)
GD _{t-1}	0.8847*** (17.69)		0.8718*** (13.57)	0.8574*** (13.59)		0.7789*** (7.89)
TE _{t-1}		0.2240 (0.77)			0.5783*** (5.82)	
X	是	是	是	是	是	是
N	255	255	255	240	240	240
AR(1)	-2.78	-5.06	-2.81	-2.61	-1.87	-2.82
AR(2)	-1.68	-0.16	-1.76	-2.37	-2.50	-1.99

数不显著,这说明技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效过程中的中介作用效果不显著,但两者系数绝对值大小相差较大,这表明技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效的过程中影响程度较高。对比分析南北地区的回归结果发现,地区异质性体现在两方面:一方面,南方地区环境治理对绿色经济发展绩效的影响呈现先抑制后促进的趋势,而北方地区这种趋势不显著。另一方面,南方地区技术进步在环境治理与绿色经济发展之间的中介作用效果显著,而北方地区技术进步的中介作用效果不显著。南北方地区的相似之处是绿色经济发展绩效滞后一期显著促进绿色经济发展绩效的提升。

相关变量测度方法和计算精度以及样本选择会影响基准估计结果,针对存在的问题我们从两方面进行稳健性检验:一是重新选择样本。北京、上海、天津和重庆为直辖市,与其他省份绿色经济发展绩效存在或多或少的差异,所以我们剔除这四个差异样本,规避差异量的存在引起的回归误差;二是技术进步指标是由单一指标衡量,考虑到技术进步衡量指标主观选择对回归结果造成影响,所以本文选择不同的技术进步衡量指标进行稳健性检验。稳健性检验结果表明,本文的研究结论具有一定的可靠性,即环

^①南方省份:上海、江苏、浙江、安徽、江西、福建、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、西藏(本文不包含西藏地区)。北方省份:北京、天津、河北、山东、河南、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆。

环境治理和绿色经济发展绩效之间存在正 U 型关系,技术进步在环境治理影响绿色经济发展绩效中起到显著的中介作用。

综上,环境治理与绿色经济发展绩效之间的关系存在地区异质性,南方地区环境治理与绿色经济发展绩效之间存在显著的正 U 型关系,而北方地区环境治理与绿色经济发展绩效之间的正 U 型关系不显著。这可能是由于北方发展初期多为重工业产业,且北方地区的煤炭资源丰富,工业生产大量使用非清洁资源对环境造成严重破坏,发展至今已经累积大量环境问题。在前期,环境治理的资金多用于生态修复,技术投入薄弱,不利于绿色技术创新,技术进步速度缓慢,所以在环境治理的初始阶段对技术进步的促进作用不显著,环境治理的“创新补偿效应”作用不突出,因此环境治理与绿色经济发展之间的关系不显著。但随着生态环境质量的不断改善,环境治理会转向促进技术进步,环境友善型产业的逐渐发展壮大,最终实现环境质量稳步提升的长期目标。而南方多为高技术产业,高技术产业技术含量高、进步空间大,相较于其他产业更加注重技术创新,且技术创新能力更强,所以南方环境治理显著促进技术进步,环境治理的“创新补偿效应”突出。除此之外,还可能与南北方地区的生态系统自我修复能力有关,北方的生态系统相对南方而言比较脆弱,一旦破坏就难以短时间自我修复,因此北方会花费更多资金帮助生态环境恢复,这使得技术投入不足,不利于环境治理“创新补偿效应”发挥作用。

六、结论性评述

本文以 2003—2020 年我国 30 个省份作为研究样本,研究环境治理和技术进步对绿色经济发展绩效的影响,研究表明,随着环境治理力度的加强,环境治理对区域绿色经济发展绩效的影响由抑制转向促进,两者之间存在显著的正 U 型关系;技术进步在环境治理影响区域绿色经济发展绩效的过程中发挥显著的中介作用,环境治理通过技术进步影响区域绿色经济发展绩效,且技术进步显著提升区域绿色经济发展绩效;南北方地区环境治理与绿色经济发展绩效之间的关系存在异质性,北方地区环境治理对绿色经济发展绩效的影响不显著,南方地区环境治理与绿色经济发展绩效之间存在显著的正 U 型关系。

根据以上研究结论,为创造良好的生态环境和提高绿色经济发展绩效,本文提出如下政策建议:第一,加大环境治理力度,早日实现环境质量改善和绿色经济发展绩效提升的双重目标。在环境治理初期,治污力度的提升虽然会改善城乡人居环境,但会在一定程度上降低绿色经济发展绩效。我们要克服短时期的压力,不断加强环境治理强度,争取早日跨越“治污门槛”,以美丽家园建设促进绿色经济发展,实现宜居环境与经济发展的“双赢”。建立完善绿色低碳循环发展经济体系,促进各个行业的绿色发展,加快绿色基础设施建设和三大产业绿色升级。第二,鼓励技术创新投入,充分发挥技术进步在环境治理和经济发展中的推动作用。建立健全以市场为导向的绿色技术创新体系,加大绿色低碳技术研发力度,保障绿色技术创新的成果转化。创新主体可以积极与高校、科研院所、产业园区合作,建立绿色技术创新市场。要积极发挥政府引导作用,打造能够为企业、高校、科研院所和产业园区提供共享资源的服务平台,激励创新主体开发绿色技术研发项目。第三,完善环境治理相关和绿色技术创新相关法律法规。进行环境治理离不开法律法规的支持,法律法规建设覆盖面应该广而全,不仅要建立法律法规,还要强化执法监督,不能立而不用。污染排放方面要建立绿色的收费机制,加大环境基础设施方面的财税支持力度,建立适应各行各业的绿色标准,不能一概而论,也不能抓此放彼。第四,加大绿色金融支持力度,以金融手段支持“双碳”目标。鼓励银行业金融机构创新绿色金融产品与服务,为有节能、降碳等技术改造需求的企业提供专项信贷产品,缓解企业的资金压力。加大绿色信贷的投放力度,对符合绿色信贷审批条件的企业适当予以降低利率等优惠措施,促进绿色环保,清洁能源等产业的发展。积极探索“碳账户”“绿色账户”等新型金融服务,推动建立和完善绿色金融体系,让环境治理的绿色金融解决方案为绿色经济发展赋能。

参考文献:

- [1] Grossman G M, Krueger A B. Environmental impacts of a North American free trade agreement[R]. NBER Working Papers, 1991.
- [2] Verbeke T, Clercq M D. Environmental quality and economic growth[R]. Working Paper, 2002.
- [3] 陈华文, 刘康兵. 经济增长与环境质量: 关于环境库兹涅茨曲线的经验分析[J]. 复旦学报(社会科学版), 2004(2): 87-94.
- [4] 李猛. 财政分权与环境污染——对环境库兹涅茨假说的修正[J]. 经济评论, 2009(5): 54-59.
- [5] 周正柱, 刘庆波, 王云云. 经济增长与工业环境污染关系的环境库兹涅茨曲线检验——基于长江经济带省域的面板计量模型[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 2020(2): 64-72.
- [6] Ahmed N, Muir J F, Garnett S T. Bangladesh needs a “blue-green revolution” to achieve a green economy[J]. *Ambio*, 2012, 41(2): 211-215.
- [7] 刘成昆, 杨容滔. 环境规制、对外开放与绿色经济发展[J]. 技术经济与管理研究, 2022(11): 124-128.
- [8] 李丹. 环境规制政策对绿色经济效率的影响——基于排污费征收标准改革的证据[D]. 山东大学, 2021.
- [9] 王东, 李金叶. R&D投入强度、环境规制与区域绿色经济效率[J]. 生态经济, 2021(9): 155-160.
- [10] 冯锐. 金融集聚、绿色技术创新和绿色经济效率[J]. 经济经纬, 2022(4): 150-160.
- [11] 孟望生, 张扬. 自然资源禀赋、技术进步方式与绿色经济增长——基于中国省级面板数据的经验研究[J]. 资源科学, 2020(12): 2314-2327.
- [12] 陈思杭, 雷礼, 周中林. 环境规制、绿色技术进步与绿色经济发展——基于长江经济带11省市面板数据的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2022(10): 52-60.
- [13] Zhao M, Liu F, Song Y, et al. Impact of air pollution regulation and technological investment on sustainable development of green economy in Eastern China: Empirical analysis with panel data approach[J]. *Sustainability*, 2020, 12(8): 3073.
- [14] Zhang M, Li B. How to design regional characteristics to improve green economic efficiency: A fuzzy-set qualitative comparative analysis approach[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29(4): 6125-6139.
- [15] 杨文举. 基于DEA的绿色经济增长核算: 以中国地区工业为例[J]. 数量经济技术经济研究, 2011(1): 19-34.
- [16] 郝国彩, 徐银良, 张晓萌, 等. 长江经济带城市绿色经济绩效的溢出效应及其分解[J]. 中国人口·资源与环境, 2018(5): 75-83.
- [17] 黄庆华, 胡江峰, 陈习定. 环境规制与绿色全要素生产率: 两难还是双赢? [J]. 中国人口·资源与环境, 2018(11): 140-149.

[责任编辑:高婷]

Environmental Governance, Technological Progress and Development Performance of Green Economy

HE Xionglang, BAI Yu

(School of Economics, Southwestern Minzu University, Chengdu 610225, China)

Abstract: Taking the data of China's 30 provinces from 2003 to 2020 as research samples, this paper constructs a dynamic panel model to explore the relationship between environmental governance and the development performance of green economy. Furthermore, this paper conducts the intermediary model to study the mediating effects that environmental governance acts on regional green economy developing performance through technical progress. The results show that there's a positive U-shaped relationship between environmental governance and regional green economy developing performance, it means that environmental governance will firstly inhibit the development of green economy and then promote it; Technological progress plays an intermediary role in the impacts which environmental governance acts on the development performance of regional green economy, and technological progress can significantly promote the development performance of regional green economy; The impact of environmental governance on the development performance of green economy shows regional differences, southern regions show obvious positive U-shaped relationship while northern regions demonstrate non-significant relationship between them.

Key Words: environmental governance; technological progress; green economy; development performance; regional variation