

---

# 环境规制与长江经济带绿色技术创新

## ——基于平衡面板数据的实证检验

万雨 刘志英<sup>1</sup>

(武汉大学 政治与公共管理学院, 武汉 430072)

**【摘要】:** 绿色技术创新已成为长江经济带实现高质量发展的重要支撑。采用 2012—2017 年长江经济带 11 个省市的面板数据进行回归分析, 探究环境规制与绿色技术创新的关系。研究发现: 滞后一期的环境规制对当期绿色技术创新具有显著的负向影响, 且这种影响只存在于长江下游地区, 同时, 对外开放程度对绿色技术创新的影响表现出区域差异。基于此, 长江经济带各区域政府需要尽快调整环境规制政策, 合理把控对外开放程度。

**【关键词】:** 环境规制 绿色技术创新 面板数据

长江经济带覆盖 11 个省市, 区域面积占全国的 21%, GDP 超全国四成, 依托黄金水道, 综合实力较强, 发展潜力巨大。长江经济带作为巨型工业经济带, 多地沿岸高密度分布重化工工业<sup>[1]</sup>, 但工业大而不强, 环境污染较为突出<sup>[2]</sup>。2016 年国家印发《长江经济带发展规划纲要》, 明确提出长江经济带的发展必须以生态优先、绿色发展为引领, 实现高质量发展, 并设立 2020 年和 2030 年两个战略目标。

传统的技术创新更多地关注经济增长, 忽略了环境的承载能力与资源的有限性<sup>[3]</sup>, 在可持续发展的战略背景下, 绿色技术创新充分考虑环境与资源的重要性, 体现出鲜明的时代特征与实践意义。绿色技术创新作为绿色发展的重要动力, 是实现高质量发展的重要支撑。从经济学的角度来看, 绿色技术创新的首要目的是环保, 且绿色技术创新具有高投入、高风险以及显著外部性的特点<sup>[4]</sup>, 这可能与经济利益存在着冲突, 因此, 从“理性人”角度出发, 各主体缺乏绿色技术创新的动力。根据“波特假说”, 适当的环境规制可以促进企业进行技术创新, 即政府以环境保护为目的, 通过有形的制度或者无形的意识约束个体或者组织<sup>[5]</sup>, 个体或者组织面对压力时会权衡长期利益与短期利益, 从而考虑技术创新的必要性。但是从许多学者的研究结果来看, 环境规制对于绿色技术创新的影响并不确定。本文试图探究环境规制与长江经济带绿色技术创新的关系, 从而为促进长江经济带绿色技术创新、助力绿色发展提供政策建议。

### 1 文献综述

1912 年, 约瑟夫·熊彼特在《经济发展理论》一书中提出了“创新理论”, 认为“创新”就是对生产要素进行重新组合从而建立新的生产函数, 且经济发展就是由“创新”推动的。同时, 熊彼特还提出了“创新”的 5 种情况, 技术创新就是其中重要的一个部分。1991 年, Porter 提出了“波特假说”, 并于 1995 年和 Linde 进行了完善, 不同于新古典经济学提出的环境法规增加企业成本的观点, 该假说指出适当的环境规制可以促进企业进行技术创新, 短期内企业的成本虽然增加了, 但是从长期来看, 企业的创新技术可以提高企业的竞争力从而弥补成本<sup>[6]</sup>。在这一假说的基础上, 许多学者对环境规制与技术创新的关系展开了论述。从定义来看, “波特假说”并未强调技术创新的绿色特征, 即使技术创新弥补了制度成本, 但是未必对环境有利。随着环境问题更加突

---

<sup>1</sup>作者简介: 万雨, 武汉大学政治与公共管理学院硕士研究生, 研究方向: 公共经济管理; 刘志英, 管理学博士, 武汉大学政治与公共管理学院副教授, 研究方向: 公共经济管理。

出,更多的学者开始关注环境规制能否促进绿色技术创新。根据学者研究的深入程度不同,本文将主要的研究成果分为四类。

研究环境规制与绿色技术创新的关系。贾军、张伟指出环境规制同时促进了绿色技术创新与非绿色技术创新,因此规制的效果并不理想<sup>[7]</sup>。谢荣辉强调技术创新包括环保技术创新与非环保技术创新,面对严厉的环境规制时非环保技术创新可以带来直接的经济效益,从而挤占了环保创新的资金,因此环境规制与环保技术创新存在负相关关系<sup>[8]</sup>。

研究不同的环境规制与绿色技术创新的关系。一是不同的规制强度:姚小剑、何珊、杨光磊指出环境成本即污染治理支出与绿色技术研发支出具有替代关系,因此环境规制较弱时,绿色技术研发成本相对较高,其支出会缩减;环境规制较强时研发成本降低,其支出会增加,因此环境规制与绿色技术创新存在 U 形关系<sup>[9]</sup>。邝嫦娥、路江林建立面板门槛模型,发现环境规制对绿色技术创新的影响呈现正向到负向再到正向的 N 形双门槛特征<sup>[10]</sup>。二是不同的规制工具:李怡娜、叶飞指出强制性规制对企业的绿色环保创新有显著的正向影响,而激励性规制对企业的绿色环保创新影响并不显著<sup>[11]</sup>。许士春、何正霞、龙如银指出排污税率以及排污许可价格激励企业进行绿色技术创新,而可交易的排污许可政策效果最弱<sup>[12]</sup>。

研究环境规制与不同的绿色技术创新的关系。王峰正、姜涛、郭晓川将绿色技术创新分为绿色工艺创新与绿色产品创新,发现环境规制能够促进绿色工艺创新,却抑制了绿色产品创新<sup>[13]</sup>。

研究不同的环境规制与不同的绿色技术创新的关系。李婉红、毕克新、曹霞将环境规制与制造企业绿色技术创新均进行分类,发现命令-控制型、市场化型以及相互沟通型三种环境规制工具对末端治理技术创新都有正向影响,而对于产品创新与工艺创新的正向影响或存在或无法验证<sup>[14]</sup>。当然,学者的研究结果也表明环境规制与绿色技术创新的关系还会受到其他因素的影响,例如经济发展水平<sup>[15]</sup>、融资约束<sup>[16]</sup>等。

综上所述,学者在“波特假说”的基础上继续探究环境规制与绿色技术创新之间的关系具有鲜明的时代特征与实践意义。长江经济带发展战略不断推进,但鲜有学者研究该区域环境规制与绿色技术创新的关系,本文的研究意义在于揭示这一关系,从而为助力绿色发展的相关政策调整给予解释。

## 2 研究设计

### 2.1 模型选择

本文主要研究内容为长江经济带环境规制与绿色技术创新的关系。考虑到政策的时滞性,本文主要考察上一期环境规制与当期绿色技术创新的关系,因此将环境规制数据滞后一期。据此,根据前文分析,构建回归模型如下:

$$gti_{it} = \alpha + \beta ev_{i,t-1} + \theta_k x_{k,it} + \varepsilon_{it}$$

其中, $gti_{it}$ 为*i*省市在*t*期的绿色技术创新,是被解释变量; $ev_{i,t-1}$ 为*i*省市在*t-1*期的环境规制,是核心解释变量; $x_{k,it}$ 为控制变量的集合; $\alpha$ 为截距项; $\beta$ 为核心解释变量的估计系数; $\theta_k$ 为各控制变量的估计系数; $\varepsilon_{it}$ 为随机误差项。

### 2.2 变量选取

被解释变量——绿色技术创新( $gti$ )。根据绿色技术降低能耗的特点,王锋正、陈方圆使用单位能耗所需的研发投入代理绿色技术创新<sup>[4]</sup>。基于研发投入的角度,邝嫦娥、路江林使用规上工业企业科技活动人员数来衡量绿色技术创新<sup>[10]</sup>。从研发成果出发,董直庆、王辉使用绿色技术专利统计数据代理绿色技术创新<sup>[17]</sup>。本文采用董直庆等学者的代理方法,选择绿色专利授权数作

为代理变量。获取绿色技术专利统计数据的方式主要有两种,一种是依据经济合作与发展组织(OECD)公布的绿色技术专利统计战略中给出的关键词检索构造式在中国知识产权网站检索<sup>[18]</sup>,另一种是依据世界知识产权组织(WIPO)提供的绿色专利清单确定绿色专利国际专利分类(IPC)编码,然后在中国专利公布公告官网查找<sup>[19]</sup>。本文使用第二种方法获取数据。

核心解释变量——环境规制(ev)。从环境规制的效果出发,余伟、陈强、陈华<sup>[20]</sup>,韩先锋、惠宁、宋文飞<sup>[21]</sup>等认为各区域GDP与能源消费总量的比值能够反映环境规制的强度。从环境规制投入的角度出发,邓峰、陈春香<sup>[22]</sup>,陶爱萍、俞子燕<sup>[23]</sup>等用环境污染治理投资占GDP的比重来表示环境规制。本文认为规制的效果还会受到其他变量的影响,因此选取环境污染治理投资占GDP的比重代理环境规制。

表 1 变量的衡量指标

变量		衡量指标
被解释变量	绿色技术创新	绿色专利授权数
解释变量	环境规制	环境污染治理投资/GDP
控制变量	经济发展水平	GDP/总人口数
	R&D 经费投入强度	R&D 经费/GDP
	产业结构	第二产业产值/GDP
	对外开放程度	进出口贸易总额/GDP

控制变量。经济发展水平(perGDP):经济发展为绿色技术创新提供了资金保障,一般而言经济发展水平越高越有利于绿色技术创新。R&D(研究与试验发展)经费投入强度(rdi):R&D经费是指全社会研究与试验发展经费,其为研发活动提供了资金保障,R&D经费投入强度是指R&D经费与GDP的比值,反映了研发投入的力度,因此绿色技术创新作为研发活动的一种也可能会受到影响。产业结构(sop):产业结构是指区域内第二产业产值占总产值的比重,第二产业以工业为主,其带动经济发展的同时,也带来了环境污染,产业结构的优化调整对于绿色技术创新同样具有重大影响。对外开放程度(eod):经济开放意味着人才、技术引进的机会,但同时也意味着当地资源可能被挤占,因此其对于绿色技术创新的影响不确定。

### 2.3 数据来源与处理

本文采用2012—2017年长江经济带11省市面板数据进行分析。数据来源于相关年份的《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》以及各省市统计年鉴。为避免异方差和极值对模型回归结果产生影响,借鉴已有研究<sup>[24]</sup>,对所有变量进行对数化处理。各变量的描述性统计见表2。

表 2 变量的描述性统计

变量		观测值	均值	标准差	最大值	最小值
被解释变量	绿色技术创新	55	4168.036	3998.028	16615	493
解释变量	环境规制	55	0.013	0.005	0.027	0.006

控制变量	经济发展水平	55	54142.328	26218.500	126634.150	23151
	R&D 经费投入强度	55	0.018	0.009	0.040	0.006
	产业结构	55	0.443	0.055	0.546	0.298
	对外开放程度	55	0.044	0.049	0.199	0.004

### 3 实证检验

本文在选取回归模型之前,对固定效应模型和随机效应模型进行豪斯曼检验,结果表明本文数据应采用随机效应模型进行分析。回归结果见表3。

表3 模型回归结果

解释变量	Lngti			
	系数	p 值	z 值	标准差
Lnev	-0.140*	0.088	-1.71	0.082
LnperGDP	1.263***	0.000	5.45	0.232
Lnrldi	0.444*	0.083	1.73	0.256
Lnsop	-0.388	0.413	-0.82	0.475
Lneod	-0.276**	0.022	-2.29	0.121
cons	-5.819**	0.035	-2.10	2.766

回归结果显示环境规制的系数为负,且在10%的水平下显著,说明滞后一期的环境规制对当期绿色技术创新具有负向影响。因此,从整体来看,环境规制抑制了绿色技术创新。变量的描述性统计结果显示,长江经济带环境污染治理投资占GDP的比重均值大约为1.3%,参照国外环境治理的经验,环境污染治理投资对于环境改善具有重要的导向作用,当环境污染治理投资占GDP的比重达到2%~3%时,环境质量才会出现明显改善。因此,从数据来看,长江经济带的环境规制很可能存在力度不够的现象。这与姚小剑等提出的“替代理论”相符:当环境规制强度较低时,绿色技术研发成本便相对较高,从收益-成本的角度考虑,企业会选择支付污染成本而不是寻求技术创新的手段,导致环境规制失去对其绿色技术创新的激励作用<sup>[9]</sup>。

从控制变量来看,长江经济带的经济发展水平显著促进了绿色技术创新,这与本文最初的预期一致,而且从数据来看,经济发展水平每提升1%,绿色技术创新提升1.26%,充足的资金保障对于绿色技术创新具有重要的意义。R&D经费投入强度同样显著促进了绿色技术创新,考察期内区域R&D经费投入强度平均水平为1.8%,但是该经费来源渠道主要为企业,以2017年为例,企业资金投入占比78.93%,政府资金投入占比仅为17.44%,这从侧面说明企业作为创新的主体,显著促进了绿色技术创新。对外开放程度显著抑制了绿色技术创新,因此外资的进入并没有形成技术外溢。

考虑到长江经济带各省市的区域分布对于整体的绿色发展具有不同的战略意义,本文进一步考察长江上游、中游、下游三个

地区内环境规制对绿色技术创新的影响。其中上游地区包括云南、贵州、四川、重庆,中游地区包括湖北、湖南、江西,下游地区包括安徽、江苏、上海、浙江。回归结果见表4。

表4 长江上游、中游、下游地区模型回归结果

解释变量		Lngti			
		系数	p 值	z 值	标准差
上游地区	Lnev	-0.212	0.446	-0.76	0.278
	LnperGDP	1.330***	0.000	5.96	0.223
	Lnrddi	1.793***	0.000	5.37	0.334
	Lnsop	2.165***	0.001	3.36	0.644
	Lneod	-1.072***	0.000	-6.18	0.173
	_cons	-2.098	0.475	-0.71	2.938
中游地区	Lnev	-0.141	0.377	-0.88	0.160
	LnperGDP	1.340	0.226	1.21	1.105
	Lnrddi	-0.231	0.476	-0.71	0.323
	Lnsop	-3.449	0.261	-1.12	3.068
	Lneod	0.106	0.227	1.21	0.088
	_cons	-10.512	0.202	-1.28	8.234
下游地区	Lnev	-0.611*	0.060	-1.88	0.325
	LnperGDP	1.134***	0.004	2.86	0.396
	Lnrddi	1.449***	0.000	5.59	0.259
	Lnsop	-0.887	0.302	-1.03	0.859
	Lneod	0.779***	0.000	7.91	0.098
	_cons	1.771	0.631	0.48	3.689

回归结果显示,上游地区与中游地区的环境规制对绿色技术创新在统计学上没有显著影响,只有在下游地区环境规制与绿色技术创新呈现出负相关关系,且在10%的水平下显著。上游地区是整个长江经济带的生态屏障,其高质量发展具有更为重要的战略意义,然而从回归结果来看,上游地区的环境规制并没有与绿色技术创新形成互动。

《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》中指出,为了提高要素配置的效率,将会促进上游、中游地区承接产业转移。出于对环境因素的考量,区域政府会严格把控污染型产业的转移,但是各区域环境承载能力不一,在产业的转移过

---

程中,上游、中游地区的绿色技术创新很容易受到政府规制之外的影响,这可能是两个地区环境规制对绿色技术创新影响并不显著的原因之一。生态环境治理从来不是相互割裂的,上游、中游地区绿色发展水平较低将会直接影响下游的生态环境,面对更为复杂的环境形势,下游地区的政府需要更加精准地考量环境规制对于绿色技术创新主体的影响,这为其政策制定带来了难度,导致下游地区更大概率出现环境规制设置不合理、政策效果不理想的现象。

控制变量中,分区域来看,对外开放程度的影响呈现出显著的区域性差异。上游地区的对外开放显著抑制了绿色技术创新,下游地区的对外开放显著促进了绿色技术创新,这与本文最初的预想一致,即对外开放程度对于当地的绿色技术创新影响表现出不确定性。沿海地区是对外开放的先行者,其对于外来产业的引进有着较为成熟的管控机制,另外,其对外开放程度已经上升到一定的高度,“重量不重质”的现象较难出现。长江上游地区作为近年来对外开放的重要区域,正迎来外贸投资、人才交流的高峰期,而管控政策的调整可能具有时滞性,因此在这个过渡时期,大量的外资涌入可能会挤占当地企业的发展空间,从而影响绿色技术创新。

## 4 结论及建议

### 4.1 研究结论

本文选取 2012—2017 年长江经济带 11 个省市的面板数据进行分析,分区域考察长江上游、中游和下游地区的情况,回归结果显示考察期内环境规制显著抑制了绿色技术创新;滞后一期的环境规制对当期绿色技术创新具有负向影响;环境规制对绿色技术创新的显著负向影响只存在于下游地区,上游、中游地区环境规制与绿色技术创新并没有形成互动;对外开放对于绿色技术创新的影响存在区域差异,上游地区对外开放显著抑制了绿色技术创新,而下游地区对外开放显著促进了绿色技术创新。

### 4.2 政策建议

评估不同的环境规制工具产生的政策效果,因地制宜调整政策工具组合方式。下游地区环境规制与绿色技术创新虽然存在相关关系,但是环境规制没有对绿色技术创新产生激励影响。上游、中游地区承接转移产业,在带来新的发展机会的同时也有可能带来新的环境压力。一方面,政府可以进一步提高环境污染治理投资占 GDP 的比重;另一方面,下游地区面对复杂的政策环境,区域政府应该尽快评估不同的规制工具产生的政策效果,进而区分激励性规制工具与抑制性规制工具,调整政策工具的组合方式,从而更好地促进绿色技术创新,实现区域高质量发展。

健全市场合作机制,促进区域协调发展,完善生态补偿机制。一方面长江经济带各区域政府按照战略部署,在健全市场合作机制的前提下,逐步实现区域间资源的合理配置,推动长江经济带成为区域协调发展的示范带。另一方面,各区域政府可以进一步推进生态补偿机制试点工作,建立生态补偿标准体系,保证经济发展的同时,也要保证环境治理的公平性,并真正实现上游地区的生态屏障功能。

加强政府支出,推进“产学研金介”融合,拓宽 R&D 经费来源渠道。企业作为绿色技术创新的主体,应承担创新的成本,但政府的政策性投入也很重要,其能引导更多的主体进行绿色技术创新。基于此,政府可以完善研发投入财政支出体系,以引导创新为目的,明确经费支出明细,同时推进企业、高校、科研院所以及金融机构等的融合,引导资金流动以及人才流动,从而促进绿色技术创新。

合理控制对外开放程度,避免形成“污染天堂”。在全球化背景下,外商投资范围开始向中西部地区扩张,国外的高污染、高消耗型产业可能随着对外开放程度的提高进驻国内。因此,相关部门应加强产业考核力度,同时还应定期评估当地环境与市场对于新入驻产业的综合容纳水平,从而限制地方政府为了经济发展而盲目引进外商投资。

---

## 参考文献:

- [1]王树堂,陈坤,田金平,等.长江经济带工业园区水污染防治问题与对策研究[J].环境保护,2019,47(12):45-46.
- [2]彭甲超,许荣荣,付丽娜,等.长江经济带工业企业绿色创新效率的演变规律[J].中国环境科学,2019,39(11):4886-4900.
- [3]钱俊生,杨发庭.绿色技术创新是建设生态文明建设的重要举措[J].中国党政干部论坛,2016(6):45-47.
- [4]王锋正,陈方圆.董事会治理、环境规制与绿色技术创新——基于我国重污染行业上市公司的实证检验[J].科学学研究,2018,36(2):361-369.
- [5]赵玉民,朱方明,贺立龙.环境规制的界定、分类与演进研究[J].中国人口·资源与环境,2009,19(6):85-90.
- [6]PORTER M E,VAN DER LINDE C.Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship[J]. American Economic Association,1995,9(4):97-118.
- [7]贾军,张伟.绿色技术创新中路径依赖及环境规制影响分析[J].科学与科学技术管理,2014,35(5):44-52.
- [8]谢荣辉.环境规制、引致创新与中国工业绿色生产率提升[J].产业经济研究,2017(2):38-48.
- [9]姚小剑,何珊,杨光磊.强度维度下的环境规制对绿色技术进步的影响[J].统计与决策,2018,34(6):78-82.
- [10]邝嫦娥,路江林.环境规制对绿色技术创新的影响研究——来自湖南省的证据[J].经济经纬,2019,36(2):126-132.
- [11]李怡娜,叶飞.制度压力、绿色环保创新实践与企业绩效关系——基于新制度主义理论和生态现代化理论视角[J].科学学研究,2011,29(12):1884-1894.
- [12]许士春,何正霞,龙如银.环境规制对企业绿色技术创新的影响[J].科研管理,2012,33(6):67-74.
- [13]王锋正,姜涛,郭晓川.政府质量、环境规制与企业绿色技术创新[J].科研管理,2018,39(1):26-33.
- [14]李婉红,毕克新,曹霞.环境规制工具对制造企业绿色技术创新的影响——以造纸及纸制品企业为例[J].系统工程,2013,31(10):112-122.
- [15]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.
- [16]苗苗,苏远东,朱曦,等.环境规制对企业技术创新的影响——基于融资约束的中介效应检验[J].软科学,2019,33(12):100-107.
- [17]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(1):100-118.
- [18]陈艳春,韩伯棠,周颖.绿色技术创新驱动经济转型的策略研究[J].河北经贸大学学报,2019,40(3):94-100.

- 
- [19]李楠博. 环境规制与企业绿色技术创新——一个条件过程分析[J]. 内蒙古社会科学(汉文版), 2019, 40(6):109-115.
- [20]余伟, 陈强, 陈华. 环境规制、技术创新与经营绩效——基于 37 个工业行业的实证分析[J]. 科研管理, 2017, 38(2):18-25.
- [21]韩先锋, 惠宁, 宋文飞. OFDI 逆向创新溢出效应提升的新视角——基于环境规制的实证检验[J]. 国际贸易问题, 2018(4):103-116.
- [22]邓峰, 陈春香. R&D 投入强度与中国绿色创新效率——基于环境规制的门槛研究[J]. 工业技术经济, 2020, 39(2):30-36.
- [23]陶爱萍, 俞子燕. 环境规制、技能结构演进与技能溢价[J]. 工业技术经济, 2020, 39(1):122-128.
- [24]张倩. 环境规制对绿色技术创新影响的实证研究——基于政策差异化视角的省级面板数据分析[J]. 工业技术经济, 2015, 34(7):10-18.