

叶琴,曾刚,戴劭劼,等.不同环境规制工具对中国节能减排技术创新的影响[J].中国人口·资源与环境,2018,28(2):115-122. [YE Qin, ZENG Gang, DAI Shaoqing, et al. Research on the effects of different policy tools on China's emissions reduction innovation[J]. China population, resources and environment, 2018, 28(2):115-122.]

不同环境规制工具对中国节能减排技术创新的影响

——基于285个地级市面板数据

叶琴¹ 曾刚¹ 戴劭劼^{2,3} 王丰龙¹

(1. 华东师范大学中国现代城市研究中心,上海 200062; 2. 中国科学院城市环境研究所城市环境与健康重点实验室,福建 厦门 361021; 3. 中国科学院大学,北京 100049)

摘要 环境规制对技术创新的影响是当前的研究热点,已有大量基于波特假说的实证研究。然而对于弱波特假说、狭义波特假说成立与否,学术界还存在争议。基于2008—2014年中国285个地级市节能减排技术专利申请、综合能源价格、污染物排放等面板数据,采用混合回归模型和系统GMM方法,研究命令型和市场型两类不同环境规制工具对中国节能减排技术创新的影响。结果表明,环境规制对即期技术创新起阻碍作用,滞后一期起促进作用,弱波特假说成立有时间约束条件。滞后一期的命令型规制工具对技术创新的促进作用要大于市场型,狭义波特假说不成立,这与国有企业和公共研究机构是中国节能减排技术创新的主要参与主体有关。分区域看,东部、中部、西部地区命令型规制工具对即期技术创新影响不显著,市场型规制工具起负向作用,中部地区市场型规制工具的负向作用最强,东部地区次之,西部地区最弱,这与区域的能耗水平和市场经济活力相关。研究发现,对于中国城市节能减排技术创新,弱波特假说成立,狭义波特假说不成立,丰富了波特假说的实证研究,并为分区域节能减排政策的制定提供参考。

关键词 环境规制;命令型工具;市场型工具;节能减排;技术创新

中图分类号 F429.9 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2018)02-0115-08 DOI: 10.12062/cpre.20170915

加强节能减排,实现低碳发展是生态文明建设的重要内容,是促进中国经济提质增效的必由之路。然而,作为节能减排行动参与主体的企业往往无法在注重发展自身的同时自觉肩负起环境保护的社会责任,环境规制就不可或缺。环境规制是指政府对于环境污染行为的直接和间接干预,以控制污染程度和改善生态环境,规制方式包括命令型的行政法规手段和市场型的经济手段^[1]。中国自“十一五”以来,加强对化石能源消耗和温室气体排放的政策约束力度,并逐步形成了2030年的节能减排路线图。在环境规制政策体系演进过程中,市场机制型的经济手段逐渐引起重视,2013年中国在七省启动碳交易试点,2017年启动全国碳排放交易体系,这是目前中国最大规模的市场型规制政策的实践^[2]。

中国经济正值增速换挡、结构调整之际,创新是驱动新一轮经济增长的关键。探究节能减排的政策工具能否诱发技术创新至关重要。环境规制能否诱导企业创新一

直以来是创新领域的研究热点,已有大量基于“波特假说”的实证研究。Jaffe和Plamer^[3]将波特假说分为强波特假说、弱波特假说、狭义波特假说。强波特假说强调环境规制能提升企业竞争力;弱波特假说认为环境规制可以刺激企业创新;狭义波特假说强调灵活的市场型政策工具较之命令型管制更能刺激企业创新。由于本文意在研究环境规制与企业创新的直接关系,而非与企业竞争力的关系,因此主要验证狭义、弱波特假说。

学者们对弱、狭义波特假说成立与否还存在争议^[4-9]。关于弱波特假说,主要有三种突出观点:①环境规制促进技术创新。Meier、Cohen、Hamamoto等^[10-11]学者对美国、日本制造业的实证研究后都得出污染治理成本与环境专利存在正相关关系的结论。②环境规制抑制技术创新。Wagner^[12]对德国制造企业的实证研究后指出,环境管理水平与企业专利申请呈负相关关系。Chintrakarn^[13]也认为美国严格的环境规制阻碍了其制造业部门的

收稿日期:2017-09-08

作者简介:叶琴,博士生,主要研究方向为区域经济和创新网络。E-mail:yeqin-ecnu@qq.com。

通讯作者:曾刚,博士,教授,博导,主要研究方向为生态文明和区域发展模式、产业集群与区域创新研究。E-mail:gzung@re.ecnu.edu.cn。

基金项目:国家社会科学基金重大项目“加快推进生态文明建设研究”(批准号:10ZD8016);德国科学基金会项目“中国装备制造业自主创新研究”(批准号:LI 981/8-1 AOBJ:595493)。

技术进步。③环境规制与技术创新的关系不确定。蒋伏心等^[14]运用 GMM 方法对 2004—2011 年江苏省制造业行业面板数据进行分析后指出,环境规制与企业技术创新之间呈现先下降后上升的“U”型动态特征。另外,国外少数学者比较了不同政策工具对创新的影响,验证狭义波特假说,持两种对立观点:①市场型规制工具对创新的作用强于命令型。Popp^[15]发现采用 SO₂ 可交易排放体系与执行技术标准的直接管制相比,对企业设备脱硫技术提高更有效。②命令型规制工具对创新的作用强于市场型。Testa 等^[16]学者指出直接管制对企业创新产生积极影响,而经济手段则产生负面影响。

如上所述,对弱、狭义波特假说的研究还未得到一致性的结论,尚需进一步讨论。中国幅员辽阔,东中西的经济发展水平、技术能级、政府治理能力等存在较大差异,分区比较环境规制对技术创新的效应,能更好的促进各区域环境效率的提高。目前鲜有研究就不同规制工具诱发技术创新效应的区域异质性进行深入分析。综上,本文基于中国内地地级市的面板数据(《2009 中国城市统计年鉴》共统计 287 个地级市数据,由于西藏拉萨市、海南三沙市节能减排发明专利数为 0,故除去这 2 个城市,最后将其余 285 个地级市作为研究对象;地级市统计数据不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾省),分析市场型和命令型两种环境规制工具对中国节能减排技术创新的影响;并分东部、中部、西部三大经济区,进行了两种环境规制工具的节能减排技术创新效应的对比(东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南 11 个省市;中部地区包括山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南 9 个省区;西部地区包括重庆、广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 10 个省市)。基于地级市的面板数据,与目前大多数基于省级面板数据的研究相比,分析的精确度与结果可信度更高。

1 模型构建、变量选取与处理

1.1 模型的构建

市场型规制工具主要特征是对排放制定价格,通过价格、税收、收费、补贴、信贷等市场信号来影响排污者的决策,如碳税、碳排放交易等,然而中国并未在全国范围内长期实施碳交易政策。在数据缺乏情况下,本文参考 Cullen 等^[17]学者的碳价格映射方法,将碳价格视为能源价格的外生加价,用能源价格加价对节能减排技术创新的影响来估算市场型规制工具的诱发效应。市场型政策工具引起的能源价格加价对碳排放起调节作用,企业的能耗规模越大,能源价格加价对企业形成的成本压力和经济刺激越

大,企业可能通过提高节能减排技术来节约成本。

命令型规制工具主要指政府的直接管制,政府通过执行环境标准、制定排放限额等严格的控制型方式来限制企业的污染排放。直接管制增加了企业的污染治理成本,从而可能刺激企业进行节能减排技术的创新。目前已有文献采取多种指标来衡量命令型规制强度。例如,王班班等^[2]采用政府出台文件中,对行业能源下降目标的百分点为指标;张国兴等^[18]将中国节能减排政策力度量化后进行评分;Domazlickys^[19]、蒋伏心^[14]、黄志基^[1]等都指出污染排放强度越高,政府管制措施越严格,采用不同污染物的排放强度作为指标。基于地级市尺度的数据可得性,本文用污染排放综合指数来衡量各城市命令型环境规制强度。

综上,本文构建了市场型和命令型环境规制工具的技术创新诱发效应模型:

$$patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 price_{it} + \beta_2 ER_{it} + X_{it} b + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it}$$

i 表示区域, t 表示时间, $patnet_{it}$ 为专利数量, $price_{it}$ 为能源价格指数, ER_{it} 为污染排放综合指数, X_{it} 为控制变量, μ_i 和 η_t 分别表示时间和区域的非观测效应, ε_{it} 是随机误差项。采用混合回归模型进行估计。

由于技术创新存在路径依赖效应,环境规制的作用可能滞后^[20-21],为了反映前期技术创新累积、市场型和命令型规制措施对当期的影响,建立滞后一期的动态面板数据模型,采用系统 GMM 方法进行估计。

$$patent_{it} = \beta_0 + \beta_1 patent_{it-1} + \beta_2 ER_{it-1} + \beta_3 price_{it-1} + X_{it} b + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it}$$

1.2 变量选取与处理

(1) 节能减排专利($patent$)。在上海知识产权(专利)公共服务平台检索系统下的公共专利数据库内,选择“节能减排”技术,检索其发明专利(相比于实用新型和外观设计,发明专利内含的创新程度最高,以下简称专利)。时间维度上,根据专利的申请日进行年度划分。2008 年中国节能减排专利申请数量增速明显加快,如图 1 所示(2008 年专利申请数为 5 759 项,比 2007 年增长 49.8%);专利从申请到审核需要 18 个月,2014 年的专利在检索时间段内是完整的,因此本研究选择的时间跨度为 2008—2014 年,检索时间为 2016 年 8—10 月,共检索专利 90 099 项,剔除国外单位申请的专利后,剩余共 87 066 项专利。在中国邮编邮政编码查询网站(www.youbianku.com),共查询到全国各区邮编 33 847 个,建立邮编库。将专利联系地址上的邮编与邮编库内信息进行匹配,按地级市进行统计,可得每年各地级市节能减排专利申请数。

(2) 命令型规制强度(ER)。计算城市各类污染物排放量的综合指数来表征城市的命令型环境规制强度。计

算步骤如下:

①将各城市的单位污染物排放量进行线性标准化。本文主要计算废水、SO₂、烟尘三类污染物,数据来源于《中国城市统计年鉴》。

$$UE_{ij}^s = [UE_{ij} - \min(UE_j)] / [\max(UE_j) - \min(UE_j)]$$

其中, UE_{ij} 为 i 城市 j 污染物的单位产值污染物排放量, $\max(UE_j)$ 和 $\min(UE_j)$ 为各指标在所有城市中的最大值和最小值, UE_{ij}^s 为指标的标准化值。

②不同城市的污染物排放比重相差较大,不同污染物的排放强度也相差较大,使用调整系数近似反映污染物特性差异。调整系数计算公式为:

$$W_j = UE_{ij} / \overline{UE_{ij}}$$

$\overline{UE_{ij}}$ 为样本期间内 j 污染物单位产值排放的城市平均水平。

③计算各城市命令型环境规制强度。 ER_i 为 i 城市的命令型环境规制强度。

$$ER_i = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 W_j UE_{ij}^s$$

(3) 市场型规制强度 (*price*)。计算城市综合能源价格指数来表征城市的市场型环境规制强度。中国并没有公布综合能源价格。一些学者采用全国整体指标如工业生产者购进价格指数、工业生产者出厂价格指数等替代,未考虑区域能源消费结构和实际能源价格差异。本研究参考 Ma^[22]、王班班^[2] 等学者的方法,推算区域的综合能源价格。①《中国物价年鉴》公布每年 36 个大中城市的煤炭、汽油、柴油和电力价格(四种能源消耗占总能源消耗比重大,根据《2015 中国统计年鉴》,煤炭占总能源消耗的 66%、石油占 17.1%),求每年各能源均价,并分别用煤炭采选业出厂价格指数、石油和天然气开采业出厂价格指数

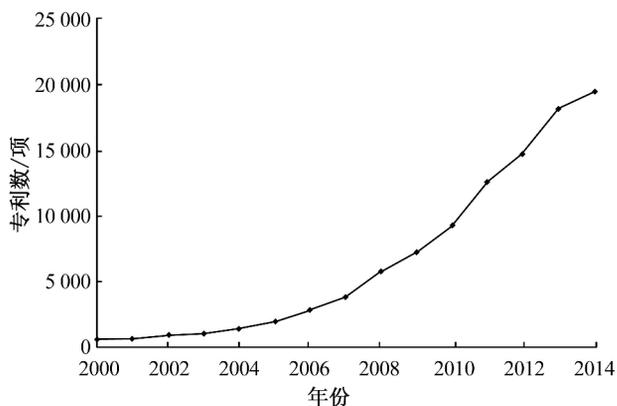


图 1 2000—2014 年中国节能减排发明专利申请数量变化趋势

Fig. 1 Trend of China's patent application of emissions reduction during 2000 - 2014

数据来源: 上海知识产权(专利)公共服务平台检索系统

指数和电力、热力的生产和供应业出厂价格指数将各能源价格序列扩展,调整为以 2008 年为基准的价格。②《中国能源统计年鉴》公布每年各省四种能源消费量,将其按对应能源价格加权,可以估算各省的能源成本。③用各省能源成本除以各省能源消费总量,得到地区的综合能源价格(由于未有地级市的能源消费量统计,而省内各城市的能源价格差异相对较小,因此地级市综合能源价格用对应省级数据替代)。

(4) 控制变量。①经济开放度(*FDI*)。用外商投资企业产值占工业总产值比重表征。外资的进入可以弥补本地资本不足、带来先进的技术,通过示范、竞争、人员培训与流动等方式可能刺激本土企业创新。②人均 R&D。以 2008 年的值为基准,按人均 GDP 价格指数将序列扩展。研发投入应对创新产出起促进作用。③经济发展水平。采用人均 GDP 衡量^[20],并运用与人均 R&D 相同的价格推算方法。④区域变量(*region*)。引入三个虚拟变量作为区域的控制变量,三个虚拟分别为 E ($E=1$ 说明该城市为东部城市, $E=0$ 说明该城市不是东部城市), W ($W=1$ 说明该城市为西部城市, $W=0$ 说明该城市不是西部城市), C ($C=1$ 说明该城市为中部城市, $C=0$ 说明该城市不是中部城市),分别对东中西三大经济区进行混合回归估计,以比较不同区域规制工具的技术创新效应。为比较各因素的影响程度大小,将专利、能源价格、控制变量进行离差标准化处理。数据来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》。

3 实证分析与结果讨论

3.1 节能减排技术创新与环境规制强度的空间差异

从 2008—2014 年各变量均值看(表 1),东部节能减排技术创新水平最高,西部次之,中部最低;命令型规制强度西部高于中部,东部最低;市场型规制强度东部高于西部,中部最低。在城市层面,以 2014 为例,专利、污染排放、能源价格表现出显著的空间差异。从专利数量看(表 2),山东半岛、京津、长三角、成渝地区是节能减排技术水平比较高的区域,北京、苏州、青岛、上海、天津排名前五;西部的云南、陕中,中部广大地区的节能减排技术水平较低,丽江、普洱、临沧、铜川、安康排名垫底。从污染排放综合指数看(表 3),山西、内蒙、陕西、黑龙江、云南、甘肃等中西部地区污染排放严重,相应受到的命令型规制强度大,金昌、河池、白银、阜新、嘉峪关污染排放位于前五名;巴中、资阳、三亚、长沙、深圳等位于最后 5 名。从综合能源价格指数看(表 4),珠三角、长三角、云南、内蒙等地区的能源价格高,受到的市场型规制强度大,河北、黑龙江、天津、青海等地区的能源价格较低。从表 2~3 较难看出

表1 2008—2014年变量的描述性统计
 Tab.1 Descriptive statistical characteristics of variables

变量	东部			中部			西部		
	均值	最小值	最大值	均值	最小值	最大值	均值	最小值	最大值
专利/项	85	0	1 350	19	0	356	21	0	655
污染排放综合指数	0.022 45	0.000 01	1.081 18	0.197 45	0.000 25	41.300 26	0.210 84	0.000 18	24.346 80
综合能源价格指数	1 936	1 289	2 482	1 831	1 368	2 239	1 856	1 285	2 354
外商投资企业 产值占比/%	14.2	0.4	51.9	5.6	0	48.1	4.6	0	51.0
人均R&D/元	163	5	3 210	51	2	626	36	2	328
人均GDP/元	39 061	10 050	312 018	26 138	6 475	171 353	20 912	3 602	149 757

表2 2014年中国地级市节能减排技术创新水平排名

 Tab.2 Ranks of emission reduction technology
 innovation at prefecture-level in 2014

前25名			后25名		
省份	城市	专利数 /项	省份	城市	专利数 /项
北京市	北京市	1 350	吉林省	白山市	2
江苏省	苏州市	1 125	吉林省	通化市	2
山东省	青岛市	980	内蒙古 自治区	巴彦淖尔市	2
上海市	上海市	806	四川省	广安市	2
天津市	天津市	627	四川省	达州市	2
江苏省	南京市	518	河南省	漯河市	2
江苏省	无锡市	482	陕西省	延安市	2
陕西省	西安市	475	吉林省	松原市	2
四川省	成都市	464	吉林省	白城市	1
广东省	深圳市	411	黑龙江省	黑河市	1
广东省	广州市	400	甘肃省	陇南市	1
浙江省	杭州市	368	辽宁省	阜新市	1
安徽省	合肥市	356	宁夏回族 自治区	固原市	1
黑龙江省	哈尔滨市	343	甘肃省	定西市	1
重庆市	重庆市	338	江西省	鹰潭市	1
浙江省	宁波市	331	云南省	昭通市	0
湖南省	长沙市	321	黑龙江省	鹤岗市	0
湖北省	武汉市	288	云南省	丽江市	0
山东省	济南市	280	云南省	保山市	0
广东省	佛山市	269	陕西省	安康市	0
广西壮族 自治区	柳州市	268	陕西省	铜川市	0
辽宁省	沈阳市	266	广东省	阳江市	0
江苏省	镇江市	247	湖北省	荆州市	0
江苏省	南通市	226	云南省	普洱市	0
江苏省	常州市	218	云南省	临沧市	0

表3 2014年中国地级市命令型规制强度排名

 Tab.3 Ranks of command-and-control environmental
 regulation at prefecture-level in 2014

前25名			后25名		
省份	城市	污染排放 综合指数	省份	城市	污染排放 综合指数
广西壮族 自治区	河池市	3.812	广东省	揭阳市	0.011
宁夏回族 自治区	中卫市	2.892	福建省	宁德市	0.011
甘肃省	嘉峪关市	2.710	天津市	天津市	0.010
甘肃省	金昌市	2.683	广东省	佛山市	0.010
黑龙江省	双鸭山市	2.300	山东省	烟台市	0.010
山东省	莱芜市	2.215	湖北省	武汉市	0.009
黑龙江省	伊春市	1.916	四川省	南充市	0.008
甘肃省	平凉市	1.827	四川省	遂宁市	0.008
黑龙江省	鹤岗市	1.684	海南省	海口市	0.008
宁夏回族 自治区	石嘴山市	1.527	浙江省	温州市	0.008
辽宁省	阜新市	1.445	广东省	广州市	0.007
山西省	忻州市	1.415	山东省	青岛市	0.007
山西省	运城市	1.299	安徽省	黄山市	0.007
甘肃省	白银市	1.285	山东省	威海市	0.007
云南省	保山市	1.282	福建省	莆田市	0.006
黑龙江省	黑河市	1.187	陕西省	延安市	0.005
广西壮族 自治区	来宾市	1.112	四川省	成都市	0.004
山西省	长治市	1.067	甘肃省	庆阳市	0.004
黑龙江省	七台河市	1.012	四川省	巴中市	0.003
黑龙江省	鸡西市	0.941	黑龙江省	大庆市	0.003
贵州省	六盘水市	0.900	北京市	北京市	0.003
内蒙古 自治区	乌海市	0.860	海南省	三亚市	0.003
陕西省	铜川市	0.794	四川省	资阳市	0.002
辽宁省	本溪市	0.740	广东省	深圳市	0.002
山西省	大同市	0.717	湖南省	长沙市	0.001



节能减排技术、命令型规制强度、市场型规制强度的空间相关关系,可能是由于环境规制作用存在滞后性,因此本文构建了静态和滞后一期的计量模型加以验证。

3.2 市场型和命令型规制工具的技术诱发效应

为避免出现伪回归,首先对面板数据是否平稳进行检验,通过组间估计回归模型计算,结果显示 $F = 5.6697$, $p\text{-value} < 2.2 \times 10^{-16}$,表明面板数据平稳;而后,分析面板数据是否具有个体和时间效应,通过布罗施-萨甘检验,结果显示 $chisq = 1981.3$, $p\text{-value} < 2.2 \times 10^{-16}$,表明面板数据同时具有个体效应和时间效应。

运用 R 语言软件编程,采用混合回归模型、系统 GMM 方法对静态和滞后一期的环境规制的节能减排技术创新效应模型进行估计,结果如表 5 所示。从全国范围来看(模型 4 和模型 5),命令型规制工具对即期的节能减排技术创新影响不显著,而对滞后一期的技术创新有显著的正向影响;市场型规制工具对即期的技术创新呈显著的负向影响,而对滞后一期的技术创新呈显著正向影响。随着污染排放强度增强,政府对企业污染排放的控制力度加大,治理的短期效果虽然并不显著,但经过一年的严格管控,能引发企业的节能减排技术创新。随着能源价格的加价,短期内会增加企业生产成本,降低企业在研发、引进人才方面的投资,对企业技术创新起负向作用;企业为了节约能源成本,开始重视节能减排技术创新,在第二年,节能减排技术创新效果显现。从环境规制诱发技术创新的机理看,环境规制发挥作用的前提是政策有效传导至企业,给企业带来显著的成本压力和经济刺激,企业作为利润最大化的追求者,在面临严格的环境规制时,为了降低命令型环境规制工具带来的治污成本的上升和市场型环境规制工具带来的能耗成本的上升,企业通过技术创新来改进生

产工艺或提高治污能力,最终减缓或抵消环境规制给企业增加的环境成本。

就滞后一期的影响程度来看(模型 5),命令型规制工具对技术创新的促进作用要大于市场型规制工具。可见,对中国节能减排技术创新而言,狭义波特假说不成立。可能由于节能减排技术创新的主体很多是国有企业、公立大学和科研机构。以 2014 年为例,按专利申请数排名,国家电网的专利申请数排名第一,申请专利 217 项;中石化集团排名第 7,申请专利 151 项;前 50 名单位中,大学有 28 所,共申请专利 911 项,以理工科大学为主,如浙江大学、北京工业大学、哈尔滨理工大学等。国有企业或公共研究机构是重要的政策传导渠道,是中国节能减排政策的重要参与主体。“十一五”时期以来,国家将节能减排目标纳入国有企业的绩效考核中,一些高耗能国有企业如钢铁企业、石油化工企业面临着十分强硬的节能减排指标,为完成指标,企业积极研究设备和工艺路线改进方案。国家划

表 4 2014 年中国各省市市场型规制强度分级
Tab.4 Cluster of market-oriented environmental regulation at prefecture-level in 2014

类别	省份	综合能源价格指数
无数据	西藏自治区、台湾省、香港特别行政区、澳门特别行政区	-
I 类	青海省、重庆市、湖南省、黑龙江省、天津市、河北省	1 514 ~ 1 650
II 类	山西省、新疆维吾尔自治区、辽宁省、山东省、吉林省、四川省	1 651 ~ 1 787
III 类	上海市、贵州省、湖北省、甘肃省、广西壮族自治区、北京市、河南省	1 788 ~ 1 972
IV 类	宁夏回族自治区、海南省、江西省、陕西省、云南省、江苏省、福建省	1 973 ~ 2 142
V 类	浙江省、安徽省、广东省、内蒙古自治区	2 143 ~ 2 322

表 5 命令型和市场型规制工具对节能减排技术创新的影响
Tab.5 Effects of command-and-control and market-oriented environmental regulation on innovation

变量	东部即期 (模型 1)	中部即期 (模型 2)	西部即期 (模型 3)	全国即期 (模型 4)	全国滞后一期 (模型 5)
ER	-0.00022 (0.8019)	-0.00020 (0.8253)	-0.00029 (0.7449)	-0.00026 (0.7731)	
Price	-0.02132*** (0.0008)	-0.02242*** (0.0004)	-0.02087** (0.001)	-0.02079** (0.0011)	
Lag(ER 1)					0.17310* (0.0702)
Lag(price 1)					0.13622** (0.0412)
Lag(patent 1)					0.0611* (0.0313)
FDI	0.09966*** (<2.2e-16)	0.0982*** (<2.2e-16)	0.10468*** (<2.2e-16)	0.10198*** (<2.2e-16)	0.07254* (0.0389)
人均 R&D	0.65954*** (<2.2e-16)	0.65766*** (<2.2e-16)	0.65764*** (<2.2e-16)	0.65946*** (<2.2e-16)	0.10497** (0.0421)
人均 GDP	0.10683*** (1.964e-05)	0.10998*** (8.621e-06)	0.11792*** (2.431e-06)	0.10985*** (9.127e-06)	8.41229 (0.35080)
Region	0.00264* (0.0408)	-0.00773** (0.0067)	0.00697* (0.0284)		
常数项	-0.00033 (0.9285)	0.00413 (0.3021)	-0.00312 (0.4211)	-0.00027 (0.9412)	0.18855 (0.2366)
R ²	0.47794	0.47968	0.47902	0.47776	
F 检验值	303.022***	305.151***	304.338***	363.536***	
Sargan					125.7746***

注: 括号内为标准误差,* 表示 $p < 0.05$, ** 表示 $p < 0.01$, *** 表示 $p < 0.001$ 。

拨大量研究经费支持大学的节能减排技术研究,节能减排研究中心纷纷成立,例如2010年上海理工大学成立制冷系统与节能实验室、2012年太原理工大学成立节能减排研究中心。另外,经济开放度、人均R&D对即期和滞后一期的技术创新都有正向影响;人均GDP对即期技术创新有正向影响,滞后一期的影响不显著。

中国经济社会发展的区域不平衡特征明显,地方政府治理能力存在差异,环境规制的效应不尽相同。模型1、模型2、模型3分别计算东部、中部、西部地区环境规制对即期节能减排技术创新的影响(区域变量 $region$ 与区域专利产出呈显著相关关系,表明存在区域差异)。三大经济区的命令型规制工具对即期节能减排技术创新影响不显著;市场型规制工具对即期技术创新起负向作用,中部地区的市场型规制工具的负向作用最强,其后是东部地区,西部地区最弱。中部地区的技术水平、市场经济活力均处于中游,成为东部地区大量高耗能产业转移的承接地,其煤炭、石油、电力等能源消耗量大,2008—2014年,中部地区的单位GDP能耗为0.967 t/万元,高于东部地区的0.704 t/万元,能源价格上涨对中部地区企业的成本影响大于东部地区,成本压力导致企业当年的研发投入减少,技术创新受阻。东部地区具备较高的经济发展和技术水平、市场经济活力强,受市场能源价格波动影响较大,得益于高耗能产业的转移,总体上技术创新受能源价格上涨的影响处于中游。西部地区虽然单位GDP能耗高,2008—2014年为1.130 t/万元,但技术水平、市场经济活力与东部地区相比具有较大差距,总体上企业技术创新受市场能源价格波动小于东部地区。

4 结论

建立了即期和滞后一期的环境规制的节能减排技术创新效应模型,运用混合回归模型和系统GMM方法检验命令型和市场型环境规制工具对中国地级市节能减排技术创新的影响。主要结论如下:

(1) 从时序演变特征看,命令型规制工具对即期的中国节能减排技术创新影响不显著,对滞后一期的技术创新有显著的正向影响;市场型规制工具对即期技术创新呈显著的负影响,而对滞后一期的技术创新呈显著正影响。可见,弱波特假说主张环境规制可以刺激企业创新观点成立是有前提条件的,即环境规制对创新的诱发效应需一年后才能显现。短期内环境规制并不能促进企业技术创新,甚至可能由于增加了企业的生产成本而对技术创新起阻碍作用,但长期来看,不论是严格的命令管制还是市场型经济手段都能够诱发企业创新。目前学者们在验证弱波特假说时,更加重视环境规制指标的选取,选取的指标内

含差异很大,甚至含义相反^[1,14],而忽视了环境规制对技术创新影响的时间约束条件。

(2) 从滞后一期的环境规制工具对中国节能减排技术创新影响程度看,命令型规制工具对技术创新的促进作用要大于市场型。狭义波特假说主张的灵活市场型规制工具较之命令型管制更能刺激创新观点不成立。这与当前国有企业和公共研究机构是中国节能减排政策和技术创新的最重要参与主体有关。一直以来,国有企业是中国节能减排的排头兵,“十一五”时期以来,国家把节能减排目标层层分解,纳入了国有企业的绩效考核中,与企业“一把手”的职位挂钩,这种机制保障了中国节能减排政策的执行效率。而西方国家节能减排创新主体更加多元,能源服务企业例如私立的节能咨询机构是重要的创新主体。

(3) 从空间分异特征看,东部、中部、西部地区的命令型规制工具对即期节能减排技术创新影响都不显著;市场型规制工具对即期技术创新都起负向作用,中部地区市场型规制工具的负向作用最强,东部地区次之,西部地区最弱。这是由于中部地区单位GDP能耗高于东部地区,能源价格上涨带来的成本压力不利于企业技术创新。东部地区市场经济活力最强,受能源价格波动影响大;单位GDP能耗最低,受能源价格波动影响小,两者作用叠加,使得东部地区的市场型规制工具的负向作用居中。西部地区的单位GDP能耗虽高,但市场经济活力与东部地区差距较大,总体受能源价格的负向影响小。

以上实证结果的政策启示是:第一,在现阶段,环境规制能够促进区域节能减排技术创新,且命令型的环境规制政策效果更为显著,应强化环境保护和监管部门在推动节能减排过程中的核心作用,提高环境立法和监管力度。严格执行节能减排法规标准的前提下,加快经济调控环境规制政策的研究,如稳步推进环境税改革、完善排污权交易机制等。第二,加快节能减排技术的推广应用,建立区域节能减排的技术合作网络。合作创新有利于企业降低创新成本、风险,提高创新效率。当前,中国区域节能减排技术水平差异较大,东部较高,西部次之,中部最弱。应积极鼓励中西部城市企业与北京、苏州、上海等东部城市的企业合作。大型国有企业、高校与公共研究机构应充分发挥其引领带动作用,积极与民营环保企业开展合作,打通环保合作的路径。第三,制定有针对性和空间差异性的环境规制体系。根据东、中、西地区各自特点,实行有弹性的环境规制政策。例如,中部地区不仅节能减排技术水平最弱,且即期市场型环境规制对技术创新的负向作用最强,那么政府的能源补贴、节能减排科研资助等政策可以适当的向中部地区倾斜。

本研究还存在一些不足之处: 第一, 由于收集的面板数据中, 少部分城市历年外商投资企业工业产值占比的值都为0, 随时间无变化, 违反了动态面板数据模型要求变量均要随时间变化的设定, 模型参数估计时报错, 所以无法进行分区域的动态面板模型估计。第二, 由于2017年中国才启动全国碳排放权交易市场, 目前数据还未统计与公布, 本文采用碳价格映射方法, 用能源价格加价的影响来表征市场型环境规制强度。未来研究可以采用更新的数据与改进的方法, 更为准确的计算不同环境规制的技术创新效应; 建议开展环境规制对不同产业技术创新影响的对比研究。

(编辑: 王爱萍)

参考文献(References)

- [1] 黄志基, 贺灿飞, 杨帆, 等. 中国环境规制、地理区位与企业生产率增长[J]. 地理学报, 2015, 70(10): 1581-1591. [HUANG Zhiji, HE Canfei, YANG Fan, et al. Environmental regulation, geographic location and growth of firms' productivity in China[J]. Acta geographica sinica, 2015, 70(10): 1581-1591.]
- [2] 王班班, 齐绍洲. 市场型和命令型政策工具的节能减排技术创新效应: 基于中国工业行业专利数据的实证[J]. 中国工业经济, 2016(6): 91-108. [WANG Banban, QI Shaozhou. The effect of market-oriented and command-and-control policy tools on emissions reduction innovation: an empirical analysis based on China's industrial patents data[J]. China industrial economics, 2016(6): 91-108.]
- [3] JAFFE A B, PALMER K. Environmental regulation and innovation: a panel data study[J]. Review of economics and statistics, 1997, 79(4): 610-619.
- [4] AMBEC S, COHEN M A, ELGIE S, et al. The Porter Hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? [J]. Review of environmental economics and policy, 2013, 7(1): 2-22.
- [5] ZHANG C, LIU H, BRESSERS H T A, et al. Productivity growth and environmental regulations-accounting for undesirable outputs: analysis of China's thirty provincial regions using the Malmquist-Luenberger Index [J]. Ecological economics, 2011, 70(12): 2369-2379.
- [6] 沈能, 刘凤朝. 高强度的环境规制真能促进技术创新吗? 基于“波特假说”的再检验[J]. 中国软科学, 2012(4): 49-59. [SHEN Neng, LIU Fengchao. Can intensive environmental regulation promote technological innovation? Porter Hypothesis reexamined[J]. China soft science, 2012(4): 49-59.]
- [7] 余伟, 陈强. “波特假说”20年: 环境规制与创新、竞争力研究述评[J]. 科研管理, 2015, 36(5): 65-71. [YU Wei, CHEN Qiang. 20 years of Porter Hypothesis: a literature review on the relationship among environmental regulation, innovation and competitiveness [J]. Science research management, 2015, 36(5): 65-71.]
- [8] LANOIE P, PATRY M, LAJEUNESSE R. Environmental regulation and productivity: testing the Porter Hypothesis [J]. Journal of productivity analysis, 2008, 30(2): 121-128.
- [9] REXHAUSER S, RAMMER C. Environmental innovations and firm profitability: unmasking the Porter Hypothesis [J]. Environmental & resource economics, 2014, 57(1): 145-167.
- [10] MEIER B, COHEN M A. Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries [J]. Journal of environmental economics and management, 2003, 45(2): 278-293.
- [11] HAMAMOTO M. Environmental regulation and the productivity of Japanese manufacturing industries [J]. Resource and energy economics, 2006(4): 299-312.
- [12] WAGNER M. On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting: evidence from German manufacturing firms [J]. Research policy, 2007(10): 1587-1602.
- [13] CHINTRAKARN P. Environmental regulation and US states' technical inefficiency [J]. Economics letters, 2008(3): 363-365.
- [14] 蒋伏心, 王竹君, 白俊红. 环境规制对技术创新影响的双重效应[J]. 中国工业经济, 2014(7): 44-55. [JIANG F X, WANG Z J, BAI J H. The dual effect of environmental regulation's impact on innovation [J]. China industrial economics, 2014(7): 44-55.]
- [15] POPP D. Pollution control innovations and the Clean Air Act of 1990 [J]. Journal of policy analysis and management, 2003, 22(4): 641-660.
- [16] TESTA F, IRALDO F, FREY M. The effect of environmental regulation on firms' competitive performance [J]. Journal of environmental management, 2011(92): 2136-2144.
- [17] CULLEN J A, MANSUR E T. Inferring carbon abatement costs in electricity markets: a revealed preference approach using the Shale Revolution [R]. NBER, 2014: 1-47.
- [18] 张国兴, 高秀林, 汪应洛, 等. 中国节能减排政策的测量、协同与演变: 基于1978—2013年政策数据的研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(12): 62-73. [ZHANG Guoxing, GAO Xiulin, WANG Yingluo, et al. Measurement, coordination and evolution of energy conservation and emission reduction policies in China: based on the research of the policy data from 1978 to 2013 [J]. China population resources and environment, 2014, 24(12): 62-73.]
- [19] 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.
- [20] 王国印, 王动. 波特假说、环境规制与企业技术创新: 对中西部地区的比较分析[J]. 中国软科学, 2011(1): 100-112. [WANG Guoyin, WANG Dong. Porter Hypothesis, environmental regulation and enterprises' technological innovation [J]. China soft

- science ,2011 (1): 100 – 112.]
- [21]程钰,任建兰,陈延斌,等. 中国环境规制效率空间格局动态演变及其驱动机制[J]. 地理研究,2016,35(1): 123 – 136. [CHENG Yu, REN Jianlan, CHEN Yanbin, et al. Spatial evolution and driving mechanism of China's environmental regulation efficiency[J]. Geographical research, 2016, 35(1): 123 – 136.]
- [22]MA H Y, OXLEY L, GIBSON J, et al. China's energy economy: Technical change, factor demand and interfactor/interfuel substitution [J]. Energy economics 2008 30(5): 2167 – 2183.
- [23]朱承亮. 环境规制下中国火电行业全要素生产率及其影响因素[J]. 经济与管理评论,2016(6): 60 – 70. [ZHU Chengliang. Total factor productivity and influence factors of China's thermal power industry under environmental regulations [J]. Review of economy and management, 2016(6): 60 – 70.]
- [24]张晓莹. 环境规制对中国污染产业贸易竞争力影响机理研究[J]. 经济与管理评论 2015(3): 38 – 45. [ZHANG Xiaoying. The impact mechanism of environmental regulations on the international trade competitiveness of China's pollution industries [J]. Review of economy and management 2015(3): 38 – 45.]
- [25]YANG Q, SUN W Y, XIANG H J. Mixed oligopoly, foreign penetration and China's environmental policy: a research based on mixed oligopoly model [J]. Chinese journal of population, resources and environment, 2017, 15(3): 249 – 254. <https://doi.org/10.1080/10042857.2017.1363359>.
- [26]黄清煌,高明. 环境规制的节能减排效应研究——基于面板分位数的经验分析[J]. 科学学与科学技术管理,2017,38(1): 30 – 43. [HUANG Qinghuang, GAO Ming. Study on the energy-saving and emission-reducing effect of environmental regulation: based on the empirical analysis of the panel quantile [J]. Science of science and management of S. & T., 2017 38(1): 30 – 43.]
- [27]修静,刘海英. 节能减排环境规制与中国工业 TFP 分析[J]. 南京社会科学,2014(5): 27 – 33,53. [XIU Jing, LIU Haiying. Energy conservation and emission reduction environmental regulations and Chinese industrial TFP [J]. Nanjing journal of social sciences 2014(5): 27 – 33, 53.]

Research on the effects of different policy tools on China's emissions reduction innovation: based on the panel data of 285 prefectural-level municipalities

YE Qin¹ ZENG Gang¹ DAI Shao-qing^{2,3} WANG Feng-long¹

(1. The Center for Modern Chinese City Studies, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen Fujian 361021, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract The impact that environmental regulation has on technology innovation is a hot spot in currently research which already has a large number of empirical studies based on Porter Hypothesis. However there are still controversies in academia about the establishment of weak Porter Hypothesis and narrow Porter Hypothesis. Based on the panel data of application for patent of emission reduction technology of 285 prefectural-level municipalities during 2008 – 2014, comprehensive energy price, and pollutant emission etc., we use mixed regression model and systematic GMM method respectively to study the impact that market-oriented policy tool and command-and-control policy tool have on China energy conservation and emission reduction technology innovation. The results show that the environmental regulation hinders the technological innovation at sight however promoting it after lag one issue. So the establishment of weak Porter Hypothesis has time constraints. The lag command-and-control policy tool plays a more positive role in promoting technological innovation than market-oriented policy tool, so narrow Porter Hypothesis couldn't work. The reason is that the main participants of China energy-saving and emission reduction technology innovation are state-owned enterprises and public institutions. Regionally speaking, the impact which command-and-control policy tool has on technological innovation at sight is non-significant in eastern, central and western regions; market-oriented policy tool has negative effect. And market-oriented policy tool in central region has strongest negative effect, it will diminish in eastern region and become weakest in western region. This is related to regional energy consumption level and the market economic vitality. The research firstly finds that the narrow Porter Hypothesis is not suitable for China emission reduction innovation while the weak Porter Hypothesis works, secondly it provides reference for the formulation of regional energy saving and emission reduction policies.

Key words environmental regulation; command-and-control policy tools; market-oriented tools; emissions reduction; innovation