

环境规制对低碳经济发展的直接与间接效应分析

刘新民, 杜素珍, 王 松

(山东科技大学 经济管理学院, 山东 青岛 266590)

摘 要: 利用 2004-2013 年我国省际面板数据, 实证分析验证了环境规制对低碳经济发展的直接效应和技术创新在此的中介间接效应。结果显示: 不同类型的环境规制对低碳经济发展的影响有所差异。其中, 强制命令型环境规制对低碳经济发展有正向直接效应, 但现有影响还不够大, 且几乎完全是通过技术创新的中介效应促进低碳经济的发展; 基于市场型环境规制对低碳经济发展有直接的抑制作用, 技术创新起到部分中介效应; 而公众参与型环境规制对低碳经济的发展没有显著影响。基于分析结果, 提出在当前的经济社会发展时期, 应严格执行强制命令型环境规制、适当控制市场型环境规制机制、进一步强化公众参与等实现经济和环境双赢的对策和建议。

关键词: 环境规制; 技术创新; 中介效应; 低碳经济

中图分类号: F205

文献标识码: A

文章编号: 1008-7699(2016)04-0052-10

一、引言

面对日趋严峻的空气污染、环境污染以及频发自然灾害对生态平衡造成严重破坏, 给环境保护与人们的生存质量带来严重影响等问题, 世界各国逐渐将经济增长转向低碳化发展模式。低碳经济作为一种为降低温室气体排放水平, 保护各国民众免于气候变暖的危害, 并保障全球人居环境可持续发展的一种后工业化的经济模式,^[1]正成为各国积极倡导的发展趋势。为了实现低碳经济转型, 作为碳排放大国, 我国政府持续不断地出台了一系列相应的法规政策: 或通过制定一些强制性的政策来限制企业的碳排放, 或通过市场机制、激励性政策引导企业低碳化发展, 同时, 通过教育加强公民的环境保护意识, 提高公众对环境问题的关注, 强化公民对环境污染问题的舆论监督。这些法规政策的激励约束和市场的引导, 都在一定程度上对企业的碳排放产生影响, 并进一步促使企业探寻自身发展与环境共存的途径, 把技术创新作为低碳减排的企业首选路径。这些措施实施多年来, 究竟哪些环境规制法规更适合现在经济发展的现状, 对低碳经济发展起到了有效作用? 这些法规的作用是否存在差异? 作用路径是什么? 技术创新在此是否发挥了中介作用? 解决这些问题, 对我国制定环境规制政策、实现环境和经济共同发展有重要意义。为此, 本文利用我国 30 个省市 2004-2013 年的相关面板数据, 通过构建数理模型, 研究环境规制对低碳发展的直接影响和技术创新在此的中介间接影响, 最后提出我国低碳经济发展的对策和建议。

收稿日期: 2016-05-09

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71371111; 71471105); 2013 年度高等学校博士学科点专项科研基金课题(20133718110009); 山东科技大学科研创新团队支持计划(2015TDJH103); 2016 年度青岛市社会科学规划项目(205)

作者简介: 刘新民(1965—), 山东莒南人, 山东科技大学经济管理学院教授, 博士, 博士生导师。

二、相关文献回顾

(一)环境规制与低碳发展之间的关系

国内外对环境规制和低碳发展之间的关系,主要有“绿色悖论”和“倒逼减排”两种观点。^[2]“绿色悖论”是指,政府谋求通过制定碳税抑制消耗化石能源,减少温室气体排放,但结果却适得其反,反倒加速开发商开采化石能源,刺激需求增加,造成温室气体排放量增加,进而促使环境恶化,这主要是由于在环境规制的影响下,化石能源所有者会拓宽开采路径,加快能源耗竭,最终增加碳排放。^[3-6]

环境规制对碳排放有“倒逼效应”的观点认为,加强环境规制力度,会倒逼企业改进自身的技术发展模式、管理模式、优化资源配置与能源消费结构,^[7]或调整产业结构,^[8]以适应环境规制强度的提高,抑制碳排放增长。

(二)技术创新在环境规制情境下的中介作用

环境规制对技术创新的影响主要有三种观点。

一是环境规制会促进技术创新,认为恰当合理的环境规制会促进企业技术创新,可以抵消企业为此投入的环保成本,这就是著名的“波特假说”。^[10]Mohr(2002)认为,一定程度的环境规制可以解决环境污染问题,同时提高创新水平,该结论与“波特假说”相一致。^[11]Horbach(2008)使用德国企业面板数据进行分析,发现环境规制是促进企业进行创新的主要推动力。^[12]许多国内研究的结果也支持这一观点。^[13-15]

二是环境规制会抑制技术创新,又称“制约假说”,认为环境规制会使企业付出更多的成本,其会减少技术创新投入,进而影响企业生产经营活动的开展。^[16]Cesaroni等(2001)通过对欧洲化学工业企业进行实证研究发现,较高的环境规制标准会抑制企业进行技术创新。^[17]Gray等(2003)发现美国造纸行业会将企业本来用于生产性的投资用于治理污染,来达到环境规制要求的标准,从而不利于企业进行技术创新和提高经营绩效产出。^[18]国内关于环境规制对中部地区技术创新的影响效果研究发现,环境规制对以专利授权量为衡量指标的技术创新有负面影响。^{[19]72}

三是环境规制和技术创新之间的关系不确定。环境规制对技术创新的影响取决于环境规制所产生的社会受益和生产成本大小,^[20]Popp等(2009)认为环境规制并没有促进美国制造业企业的投资研发行为,^[21]而且不同机制的环境规制对技术创新影响存在差异^[22],同时,这种影响存在着区域和行业差异。^{[23]101[24]98[25]}

许多学者论证了技术创新利于低碳经济的发展。^[26-28]技术创新作为经济发展的内在驱动力,对经济的发展模式有着重要影响。传统经济增长模式以高耗能、高产出、高污染特点为主,而通过技术创新作为转变契机的低碳经济发展模式,在保证经济发展的同时,可以通过开发清洁能源减少对化石能源的单一依赖性,通过技术改进提高资源的循环和利用效率,减少环境污染。

综上,关于环境规制、技术创新与碳排放等三者关系,以及技术创新在其中的作用,国内外研究尚未有统一的定论,需要进一步从不同的发展时期与阶段、不同的角度深化研究,以丰富环境规制影响低碳经济发展作用路径的相关理论。

三、研究假设与模型设定

(一)环境规制对低碳发展的直接效应分析

环境规制是指通过有形制度或无形意识对个体和组织进行约束,以达到保护环境目的的一种政府政策,包括以强制命令型、基于市场型和公众参与型为主的显性规制和以无形的环保思想意识为特征的隐

形规制。^[29-30] 本文主要讨论三种显性环境规制政策。

强制命令型环境规制是指政府为强制企业减少污染排放、治理污染,而由国家立法或行政部门颁布制定的,企业必须严格遵守的有关环境保护法律法规政策。在强制命令型环境规制约束下,企业只能严格执行相关规定,没有选择权,否则将受到处罚。政府制定环境规制的目的在于保护环境,减少碳排放,理想结果自然是环境规制对低碳经济的发展有促进作用。为此提出如下假设:

假设 HA1:强制命令型环境规制对低碳经济的发展具有正向影响。

基于市场型环境规制是指政府利用市场机制,通过经济手段,如制定碳税、能源税等来约束化石能源的生产者、使用者,增加其生产成本和使用所产生的环境成本,进而减少能源需求,促进引导企业低碳化发展,包括环境补贴、财政信贷、排污权交易制度等。此类型的规制需要健全的市场经济体系为保障,以引导激励为主,企业在保护环境与自身发展方面有更多的自主权。但由于市场机制允许碳交易,企业通过购买碳排放权延期执行规制,在可以寻租获取暴利、机会成本较低的情况下,反而不利于低碳经济发展。尤其在市场化初期,市场机制不健全,企业法制意识、自律行为不强,寻租行为给企业带来巨大盈利,而购买碳排放权的付出较小,会加大企业这种行为倾向,阻碍低碳经济发展。而我国现在正处于市场经济体制与法制化环境的完善与建设期,故提出假设:

假设 HA2:基于市场型环境规制对低碳经济的发展具有负向影响。

公众参与型环境规制是指社会公众自愿参与环境保护行动,对企业污染行为进行监督与检举的自发行为。社会公众对于环境污染问题高度关注,向当地环境监督管理部门主动揭发严重污染环境的企业,促进政府对污染型企业进行处罚与整顿,一定程度上会促进企业低碳化发展。随着公众教育程度的普遍提高,政府部门对环境保护知识的宣传强度增加,公众环境保护意识与维权意识的逐渐增强,检举危及自身生存环境与质量的企业污染行为的行动会越来越及时。基于以上环境规制的界定,提出假设:

假设 HA3:公众参与型环境规制对低碳经济的发展具有正向影响。

(二)环境规制对低碳经济发展的间接效应分析

环境规制对低碳经济的发展不仅有直接效应,也可能会通过技术创新对低碳经济产生间接效应。强制命令型环境规制利用国家强制力保障低碳化发展,严格处罚违反低碳化发展的企业,规范企业行为。在政府强制约束背景下,要想实现环境与经济的共同发展,企业通过技术创新的方式可以提高资源使用效率,改进生产方式,从源头减少污染排放,达到环境标准。因此提出如下假设:

假设 HB1:强制命令型环境规制对技术创新有正向影响。

假设 HC1:强制命令型环境规制通过技术创新的中介作用对低碳经济的发展具有正向影响。

基于市场型环境规制以市场机制为基础,目的是通过外部市场利益动力的供给,引导企业技术创新,同时采用补贴等方式,降低企业技术创新面临的不确定性,避免创新风险所带来的部分经济损失。由于企业进入市场时面临技术壁垒和环境规制约束,企业环境保护成本增加,在市场经济秩序不完善的环境下,如果通过寻租行为所带来的收益远远大于技术创新带来的效益,且机会成本较低,那么即使企业能得到环境补贴,也会倾向于从市场获得更多的碳排放权,获取过量排放的暴利,同时也满足政府的环境规制要求。然而这种行为不利于企业进行技术创新,并未从根源上减少污染排放,不利于低碳经济发展。于是提出假设:

假设 HB2:基于市场型环境规制对技术创新有负向影响。

假设 HC2:基于市场型环境规制通过技术创新的中介作用对低碳经济的发展具有负向影响。

公众参与型环境规制不仅可以增强公民的参与意识,也可以提高企业的社会责任意识,解决环境信息在企业和个人之间的不对称问题,提高公众对环境的关注程度。^[24] 企业社会公众监督的压力下,将不得不进行技术创新,解决环境污染和实现企业长久发展的问题。所以提出假设:

假设 HB3: 公众参与型环境规制对技术创新有正向影响。

假设 HC3: 公众参与型环境规制通过技术创新的中介作用对低碳经济的发展具有正向影响。

四、模型设定和变量说明

(一) 模型设定

环境规制对低碳经济发展的直接效应模型设定如(1)式:

$$CDPC_{i,t} = \beta_0 + \beta_j ER_{j,i,t} + \xi X_{i,t} + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中: i 和 t 分别表示省份和年份, j 表示环境规制类型; $GDPC_{i,t}$ 表示各省份的低碳经济发展程度; $ER_{j,i,t}$ 表示环境规制; β 、 ξ 为变量系数, β 和 ξ 的正负和大小分别代表解释变量和控制变量对低碳经济发展影响的程度和方向; $X_{i,t}$ 是其他控制变量,包括能源消费结构、产业结构、地区经济水平, $\epsilon_{i,t}$ 表示误差项。

为了分析环境规制对低碳发展的间接效应,考虑技术创新在此起到的中介作用,根据中介效应理论,^[31]探求环境规制在技术创新的中介效应下对低碳经济发展的间接效应,计量模型如下:

$$TECH_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_j ER_{j,i,t} + \xi X_{i,t} + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$GDPC_{i,t} = \lambda_0 + \lambda_j ER_{j,i,t} + \lambda_4 TECH_{i,t} + \xi X_{i,t} + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

公式(2)表示环境规制对技术创新的影响,(3)式在(1)式的基础上引入技术创新变量且在(1)(2)式成立时才有意义。此处, $TECH_{i,t}$ 表示各省份的技术创新水平; γ 、 λ 、 ξ 为变量系数, γ 的正负和大小分别代表解释变量对技术创新影响的程度和方向, λ 的正负和大小代表解释变量对低碳经济发展影响的程度和方向; ξ 的正负和大小分别表示控制变量对技术创新和低碳经济发展影响的程度和方向。

(二) 变量设定

1. 低碳经济发展

低碳经济,就是在保持经济既定增长速度的同时将碳排放总量控制在安全范围之内。^[32]本文用低碳产出指标碳生产力即单位二氧化碳排放所产生的生产总值来衡量低碳经济发展水平。碳生产力可以同时反映碳排放和经济发展水平的相对变化程度。碳生产力值越大,地区经济发展越接近低碳化,反之,则说明低碳经济发展水平较低。各省的地区生产总值来自于2004—2013年各年的《中国统计年鉴》。 CO_2 排放主要来自化石能源的燃烧与消耗,将根据IPCC规定的方法计算得出各省 CO_2 的排放量。^[33]

2. 环境规制

环境规制作为主要解释变量,数值选取与衡量至关重要,国内外相关文献对环境规制评价的指标选取主要有“工业三废”的排放达标率、利用率和处理率^{[34][35]}以及工业污染治理投资完成额、单位产值的污染物排放值^[36]、环保投入^[37]等指标。考虑到环境规制的广泛性和规范性,借鉴以往文献的指标,本文如下度量强制命令型、基于市场型和公众参与型三种类型的环境规制的强度。

强制命令型环境规制主要表现在政府规定强制性的污染物排放标准,企业为达到排放指标所作出的污染物减排及处理的努力程度。鉴于目前污染物排放对环境的危害程度以及本文的研究焦点,将采用 SO_2 去除率测度强制命令型环境规制,记为 $ER1$ 、 SO_2 与 CO_2 作为大气污染主要来源,两者同根同源,绝大部分都来自化石能源的燃烧, SO_2 去除量可从侧面折射出政府对减少 CO_2 排放的努力程度,并且节能减排带来的政治激励使得地方政府在污染物排放中更重视废气排放的环境规制。^[37] SO_2 去除率越大,说明当地政府环境保护力度越大,环境规制政策执行越严格,反之亦然。

基于市场型环境规制主要表现为政府通过规制政策为污染排放设定一个类似于市场价格的机制,例如污染排放税、排污交易权和环境补贴等,以此来增加企业的运行成本,促进企业减少污染物的排放。由于排污交易权和污染排放税等政策不稳定,鉴于数据可得性,本文选取环境污染治理投资总额占地区生

产总值的比例来衡量基于市场型环境规制强度,记为 ER2。

公众参与型环境规制 ER3 将采用环境信访处理率来衡量。环境污染的加剧得到了公众的广泛关注,对污染排放企业的监督也逐渐重视,公众通过信访参与到环境规制中,这是当地环境监管部门获得信息的便捷渠道。

3. 技术创新

多数学者从研发成本的角度出发,采用研发投入^{[36][39]}和专利申请量^{[23]109[24]100}、专利授权量^{[19]74[40]}来衡量技术创新强度。考虑到技术创新具有滞后性,研发投入的产出和其投入不一定对等,申请和授权的专利投入生产要涉及可行性,所以本文从产出的角度,以单位产值的新产品开发数作为技术创新 TECH 的衡量指标。

4. 控制变量

将采用能源消费总量中煤炭所占比重来衡量能源消费结构(MTXF),以地区第二产业产值占 GDP 总值的比值来衡量产业结构(CYJG),用人均收入来衡量地区经济发展水平(RJGDP),具体见表 1。

表 1 变量描述性统计

变量名称	符号	含义	N	极小值	极大值	均值	标准差
低碳经济	GDPC	单位碳生产力	300	0.051 9	0.783 3	0.243 6	0.134 7
强制命令型环境规制	ER1	工业 SO ₂ 去除量/(工业 SO ₂ 去除量+工业 SO ₂ 排放量)	300	0.006 4	1.000 0	0.838 7	0.143 5
基于市场型环境规制	ER2	环境污染治理投资总额/地区生产总值	300	0.460 0	3.930 0	1.320 5	0.607 8
公众参与型环境规制	ER3	环境公众信访处理数/环境公众来信总数	300	0.335 8	1.000 0	0.955 6	0.073 2
技术创新	TECH	新产品开发数/地区生产总值	300	0.126 4	9.404 5	1.349 7	0.765 9
能源消费结构	MTXF	煤炭消费量/能源消费总量	300	0.598 5	0.956 8	0.836 3	0.072 1
产业结构	CYJG	工业生产总产值/地区生产总值	300	0.148 7	0.530 4	0.409 1	0.077 6
地区经济水平	RJGDP	人均生产总值	300	0.392 1	4.208 7	1.548 3	0.854 7

(三)数据来源

回归变量间的多重共线性降低了数据分析的有效性,而面板数据可以充分利用时间和截面数据,减少这种概率,进而提高变量间的自由度,^[41]有效地估计参数。因此本文选取我国 30 个省市 2004-2013 年的面板数据作为样本进行验证分析。数据来源于 2005—2014 年各年《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》等。

五、实证分析

本文用 STATE12.0 对面板数据进行固定效应分析。

(一)相关性分析

从表 2 变量的相关系数可以看出:

(1)低碳经济发展 GDPC 与 SO₂ 去除率 ER1 之间的相关系数为 0.343,与环境污染治理投资强度 ER2 之间的相关系数为-0.265,意味着在 1%显著性水平下强制命令型环境规制与低碳发展呈正相关关系,基于市场型环境规制与低碳经济发展之间呈负相关关系。低碳经济发展 GDPC 与环境公众信访处理率 ER3 之间的相关系数为-0.16,但是没有通过显著性检验。

(2)在 1%显著性水平下,技术创新 TECH 和低碳经济发展 GDPC 之间的相关系数为 0.505,说明技

术创新对低碳发展有较强的正向作用。

(3)强制命令型环境规制 ER1、基于市场型环境规制 ER2 与技术创新 TECH 的相关系数分别为 0.310、-0.195,说明在 5%显著性水平下强制命令型环境规制对技术创新有促进作用,基于市场型环境规制 ER2 和技术创新 TECH 呈负相关关系,公众参与型环境规制 ER3 和技术创新 TECH 之间的相关系数为 0.015 且不显著,说明公众参与型环境规制对技术创新的影响力较小或无影响。

(4)控制变量能源消费结构 MTXF、产业结构 CYJG、地区经济水平 RJGDP 和低碳经济发展 GDPC 之间有显著关系,和主要解释变量 ER1、ER2、ER3 之间的相关性较小,可以做进一步分析。

表 2 变量的 Pearson 相关性分析

	GDPC	ER1	ER2	ER3	TECH	MTXF	CYJG	RJGDP
GDPC	1.000							
ER1	0.343***	1.000						
ER2	-0.265***	0.011	1.000					
ER3	-0.160	0.048	0.074	1.000				
TECH	0.505***	0.310***	-0.195***	0.015	1.000			
MTXF	-0.669***	0.168*	0.178**	0.176**	-0.340*	1.000		
CYJG	-0.300***	0.255*	0.049	0.181*	-0.100*	0.425*	1.000	
RJGDP	0.602***	0.514*	0.069	-0.042	0.352**	-0.516*	0.079*	1.000

注:***、**、* 分别表示显著性水平 1%、5%、10%。

(二)回归结果分析

1. 环境规制对低碳经济发展直接效应分析

表 3 是环境规制与低碳经济发展之间的回归关系分析,从分析结果可以看出,固定效应模型下,强制命令型环境规制对低碳经济发展有显著的促进作用。在当前控制变量作用下,强制命令型环境规制 ER1 对低碳经济发展 GDPC 的影响系数在 5%的显著性水平下为 0.1932,t 值为 4.41,即强制命令型环境规制对低碳经济的发展有正向的促进作用,因此假设 HA1 通过检验。

表 3 环境规制对低碳发展作用分析

变量	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应
ER1	0.1932** (4.41)			0.1812*** (4.33)
ER2		-0.0475*** (-5.52)		-0.0456*** (-5.44)
ER3			-0.0269 (-0.36)	-0.0254 (-0.36)
MTXF	-0.6986*** (-7.27)	-0.5560*** (-5.69)	-0.6917*** (-6.92)	-0.5598*** (-5.85)
CYJG	-0.3418*** (-4.34)	-0.3160*** (-4.15)	-0.2680** (-3.35)	-0.03790*** (-5.00)
RJGDP	0.0564*** (6.81)	0.0793*** (10.66)	0.0724*** (9.38)	0.0642*** (7.98)
常数项	0.7183*** (9.08)	0.7778*** (10.43)	0.8454*** (8.66)	0.7000*** (7.50)
N	300	300	300	300
R-sq	0.6126	0.6261	0.5864	0.6494

注:***、**、* 分别代表显著性水平为 1%、5%、10%;括号内为 t 检验值。

基于市场型环境规制 ER2 对低碳经济发展的影响均通过 1%显著性水平检验,但是影响系数为 -0.0475,t 值为 -5.52,说明基于市场型环境规制对低碳经济的发展有一定的抑制作用,假设 HA2 成立。

公众参与型环境规制 ER3 对低碳经济发展的影响系数为 -0.0269,但是没有通过显著性检验,说明公众参与型环境规制对低碳经济的发展没有显著影响,假设 HA3 没有得到验证。

结果显示,在 5%显著性水平下,作为控制变量的能源消费结构和产业结构对低碳经济的发展有一定的抑制作用,地区经济发展水平对低碳经济的发展有一定的促进作用。由于煤炭开采缺乏有效规范,煤炭利用率低,^[42]以煤炭为主的能源消费结构碳排量大,不利于低碳经济的发展。工业经济虽然是经济发展主体,但是以化石能源消耗为主,对环境污染程度较严重。在经济发展水平较高的地区,地区环境污染治理能力与政府监管力度强,人们的思维会相对更超前,追求高质量的生活与环境的诉求会更高,也就更注重低碳生活,更利于经济朝着低碳化发展。

2. 环境规制对低碳经济发展间接效应分析

首先分析环境规制与技术创新之间的关系,如表 4 所示。从结果可以看到,强制命令型环境规制 ER1 对技术创新 TECH 有显著影响,影响系数为 1.394,t 值为 3.94,说明强制命令型环境规制可以促进技术创新,假设 HB1 通过检验。

表 4 环境规制对技术创新的影响分析

变量	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应
ER1	1.394*** (3.94)			1.3304*** (3.83)
ER2		-0.2462*** (-3.46)		-0.2328*** (-3.35)
ER3			0.8247(1.37)	0.8297(1.44)
MTXF	-1.9766** (-2.55)	-1.233(-1.53)	-2.0953*** (-2.62)	-1.4262* (-1.80)
CYJG	-0.9793(-1.54)	-0.7002(-1.11)	-0.5354(-0.84)	-1.2519*** (-1.99)
RJGDP	0.1246* (1.86)	0.2758*** (4.48)	0.2390*** (3.87)	0.1636*** (2.45)
常数项	2.041*** (3.19)	2.5658*** (4.16)	2.1631*** (2.77)	1.2002(1.55)
N	300	300	300	300
R-sq	0.6079	0.6183	0.6703	0.6431

注:***、**、* 分别代表显著性水平为 1%、5%、10%;括号内为 t 检验值。

基于市场型环境规制 ER2 对技术创新影响系数为 -0.2462,t 值为 -3.46,说明基于市场型环境规制对技术创新有一定的抑制作用;假设 HB2 通过检验。

公众参与型环境规制对技术创新的影响系数虽然达到了 0.8247,但未通过显著性检验,于是,假设 HB3 不成立。

表 5 是根据模型 3 加入中介变量技术创新时,环境规制和对低碳经济发展影响的分析结果。此时强制命令型环境规制对低碳经济发展的影响系数为 0.1362;基于市场型环境规制对低碳经济发展的影响系数为 -0.0377,公众参与型环境规制对低碳发展的影响系数虽然为 0.065,但没有通过显著性检验。

综合表 3、表 4 和表 5 的结果,进一步分析技术创新在环境规制对低碳影响之间的中介效应。由表 3、表 5 知,强制命令型环境规制对低碳经济发展的直接效应系数为 0.1932,加入中介变量技术创新后的影响系数变为 0.1362,而表 4 显示强制命令型环境规制对技术创新有显著的正向影响,系数为 1.394。根据中介效应计算方法,^[33]可知技术创新在强制命令型环境规制对低碳经济发展影响中的中介效应为:

$$(1.394 \times 0.1362) / 0.1932 \times 100\% = 98.27\%$$

结果说明,技术创新在强制命令环境规制下对低碳发展的影响路径中,几乎是完全中介效应,表明强制命令型环境规制是通过促进技术创新进而影响低碳经济的发展,假设 HC1 得到验证。

表 5 环境规制、技术创新和低碳经济发展之间的关系

变量	固定效应	固定效应	固定效应	固定效应
ER1	0.136 2*** (3.20)			0.134 3*** (3.27)
ER2		-0.037 7*** (-4.45)		-0.037 4*** (-4.57)
ER3			0.065 (-0.93)	-0.054 6(-0.82)
TECH	0.040 8*** (5.9)	0.039 7*** (5.87)	0.046 4*** (6.75)	0.035 2*** (5015)
MTXF	-0.617 8*** (-6.73)	-0.507 0*** (-5.46)	-0.594 5*** (-6.31)	-0.509 5*** (-5053)
CYJG	-0.301 8*** (-4.03)	-0.288 2*** (-3.99)	-0.243 1*** (-3.27)	-0.334 8*** (-4.58)
RJGDP	0.051 3*** (6051)	0.068 4*** (9.39)	0.061 3*** (8.33)	0.054 8*** (7.50)
常数项	0.634 9*** (8.34)	0.675 8*** (9.30)	0.745 0*** (8.10)	0.657 7*** (7.33)
N	300	300	300	300
R-sq	0.634 9	0.666 4	0.643 4	0.679 4

注：***、**、* 分别代表显著性水平为 1%、5%、10%；括号内为 t 检验值。

同理,基于市场型环境规制对低碳经济发展的直接效应系数为-0.0475,加入中介变量时的影响系数为-0.0377,而对技术创新抑制影响系数为-0.2462,所以技术创新在市场型环境规制对低碳经济发展影响中的中介效应为:

$$((-0.2462) \times (-0.0377)) / (-0.0475) \times 100\% = -19.54\%$$

结果说明,基于市场型环境规制对低碳经济的发展有显著的直接抑制作用,也会通过抑制技术创新进而阻碍低碳经济的发展,HC2 假设通过验证。

由于假设 HA3、HB3 均不成立,也即公众参与型环境规制对低碳发展的影响不显著,所以,假设 HC3 没有通过验证。

3. 讨论与分析

(1)强制命令型环境规制对低碳经济发展有正向的促进作用,而技术创新在此路径中几乎起到了完全中介效应。这说明,强制命令型环境规制是通过促进企业进行技术创新进而促进低碳经济发展,这一结论支持“倒逼减排”观点,^[7-8]即环境规制政策的严格执行会促进企业减排,注重低碳发展。

但表 3、表 5 的结果显示,这种正向的促进作用系数仅为 0.1932 与 0.1362,相对比较小,这意味着,强制命令型环境规制对低碳发展的影响力度还不够高。产生此现象的原因主要有两个方面,一是政策法规的覆盖面还不够高,强度还不够大,另一方面可能与地方政府在某种程度上更注重经济的增长,忽视了环境保护的经济与社会价值,在现实中不能够严格的执法,采取选择性执法或执法不严有关。

(2)目前市场型环境规制政策对低碳经济发展有一定的抑制效应,而且有大约 20%的效应是通过抑制技术创新进而抑制低碳经济发展的。这一结论符合“绿色悖论”和“制约假说”观点。^[2-6,16-19]这说明,一方面严格的环境规制政策使企业增加了环境治理成本,挤出了技术创新的资本投入,另一方面,由于市场机制不成熟,企业的自律意识不强,基于市场型环境规制没有起到引导企业技术创新,实现低碳发展的作用。同时,在即使可以得到政府环境污染补贴的情况下,企业更愿意通过市场的交易行为购买碳排放权,更倾向于通过寻租方式规避环境规制,而把资源与资本更多地应用于加速开发寻求丰厚的高额回报,而不是改进生产技术,加强环境保护与低碳发展,最终导致经济发展中化石能源的消耗并没有减少,偏离阻碍了低碳发展的目的。

(3)公众参与型环境规制对低碳经济的发展并没有显著影响,这一结果和预期有所差别。可能原因是,在现实中,虽然公众环保意识的提高非常有利于低碳发展,但由于环境信息掌握存在不对称性,环境信访专业性较低,职能部门采纳的力度不够高,相关采纳的法规不完善,再加上公众对环境信息掌握不充

分,参与环境监管形式单一,专业化程度不高等,导致公众参与型环境规制不能有效发挥作用,尚未对政府和企业的决策造成影响。

六、结论与建议

基于中介效应角度,本文利用我国 2004-2013 年 30 个省市的面板数据,实证分析了环境规制对低碳经济发展的直接效应和间接效应,得出结论:不同类型的环境规制对低碳经济发展的影响有所差异。其中,强制命令型环境规制对低碳经济发展有正向直接效应,但现有影响还不够大,且几乎完全是通过技术创新的中介效应促进低碳经济的发展;基于市场型环境规制对低碳经济发展有直接的抑制作用,技术创新起到部分中介效应;而公众参与型环境规制对低碳经济的发展没有显著影响。

根据以上结论与讨论分析,为促进我国发展低碳经济,提出以下建议与对策:

1. 进一步完善环保的相关政策。强制命令型环境规制强制性较强,会通过促进企业进行技术创新的方式促进低碳经济的发展。因此,各级政府应进一步制定完善的环保政策,实现环保的全覆盖。同时,也应加强执法制度与队伍建设,切实加强环境规制监管力度,适度以经济损失换取环保的收益力度,强制减少企业排污行为,力争形成经济与环境双赢的局面。

2. 适度控制市场机制。充分发挥基于市场型环境规制的市场引导作用,需要严格控制市场机制,同时,应配合严格的强制命令型环境规制,运用行政手段,保障健全的市场正常运作,^[43]可保证通过补贴等形式降低企业技术创新面临的风险,调动企业技术创新低碳发展的积极性。同时进一步加大对清洁能源使用的激励政策与补贴,注重引导企业自主创新和引进先进技术相结合,以及强制推行节能减排技术的应用,减少碳排放。

3. 完善环境舆论披露机制,强化公众参与。公众参与环境污染的监督与治理,可以给政府监管部门提供更多信息,利于政府制定相应的政策与措施,有效监管企业排污行为。目前公众信息披露机制不完善,公众在环境方面所享有的权利得不到体现,公众不能真正参与到环境监督与保护中,各级政府应该重视并进行机制完善,充分调动公众参与环境监督的积极性。

参考文献:

- [1] 中国环境与发展国际合作委员会. 低碳经济的国际经验和中国实践[R]. 北京, 2008.
- [2] SINN Hans-Werner. Public policies against global warming: a supply side approach[J]. *International Tax and Public Finance*, 2008(15): 360-394.
- [3] GERLAGH Reyer. Too Much Oil[J]. *CESifo Economic Studies*, 2011(1): 79-102.
- [4] SMULDER S, YACOV T, AMOS Z. Announcing climate policy: Can a green paradox arise without scarcity? [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2012(9): 364-376.
- [5] 张华, 魏晓平. 绿色悖论抑或倒逼减排——环境规制对碳排放影响的双重效应[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014(9): 21-29.
- [6] 李程宇. 《京都》15年后: 分阶段减排政策与“绿色悖论”问题[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015(1): 1-8.
- [7] 张先锋, 韩雪, 吴椒军. 环境规制与碳排放: “倒逼效应”还是“倒退效应”——基于 2000-2010 年中国省级面板数据分析[J]. *软科学*, 2014(7): 136-139.
- [8] 徐盈之, 杨英超, 郭进. 环境规制对碳减排的作用路径及效应——基于中国省级数据的实证分析[J]. *科学与科学技术管理*, 2015(10): 135-146.
- [9] XING Yuqing, KOLSTAD D Charles. Do Lax Environmental Regulations Attract Foreign Investment? [J]. *Environmental and Resource Economics*, 2002(1): 1-23.
- [10] PORTER M E, LINDE C. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship[J]. *Journal of Eco-*

onomic Perspectives,1995(4):97-118.

- [11]MOHR R D. Environmental regulation and international competitiveness: Thinking about the Porter Hypothesis[J]. Resources for the Future,2002(2),94-102.
- [12]HORBACH J. Determinants of environmental innovation-new evidence from German panel data sources[J]. Research Policy, 2008(1):163-173.
- [13]王瑾. 技术引进、自主创新和环境规制——基于中国省际面板数据的实证研究[J]. 中国科技论坛,2011(2):15-20.
- [14]孙伟,江三良,韩裕光. 环境规制、政府投入和技术创新——基于演化博弈的分析视角[J]. 江淮论坛,2015(2):34-38.
- [15]张倩. 市场激励型环境规制对不同类型技术创新的影响及区域异质性[J]. 产经评论,2015(2):36-48.
- [16]WHITEHEAD W N. It's not easy been green[R]// WelfordR, Starkey R. The earth scans in business and the environment. London: Earth scan,1996:334-337.
- [17]CESARONI F, and Arduini R. Environmental Technology in the European Chemical Industry [R]. LEM Working Paper Series. 2001:135.
- [18]GRAY W B, SHADBGLIAN R. J. Plant Vintage, Technology, and Environmental Regulation[J]. Journal of Environmental Economics and Management,2003(3):384-402.
- [19]王鹏,郭永芹. 环境规制对我国中部地区技术创新能力影响的实证研究[J]. 经济问题探索,2013(1):27-34.
- [20]PORTNEY P, STAVINS N. Environmental regulation and the competitiveness of US manufacturing: what does the evidence tell us? [J]. Journal of Economic Literature,1995 (1):132-163.
- [21]COHEN Bhanagar. A Novel Comparison of Stentless Versus Stented Valves in The Small Aortic Root[J]. The Journal of Thorac Cardiocasc Surg,1999(11):431-438.
- [22]POPP D, NEWELL R G, JAFFE A B. Energy, the environment, and technological change [R]. National Bureau of Economic Research Working Paper,2009.
- [23]王国印,王动. 波特假说、环境规制与企业技术创新——对中部地区的比较分析[J]. 中国软科学,2011(1).
- [24]李平,慕绣如. 环境规制技术创新效应差异性分析[J]. 技术进步与对策,2013(6).
- [25]江珂,滕玉华. 中国环境规制对行业技术创新的影响分析——基于中国 20 个污染密集型行业的面板数据分析[J]. 生态经济,2014(6):90-93.
- [26]秦军,唐华一. 技术创新推动低碳经济发展的机理研究[J]. 生态经济,2015(9):39-42.
- [27]贾林娟. 低碳经济发展影响因素及路径设计[J]. 科技进步与对策,2014(3):26-29.
- [28]张金英. 低碳经济与产业技术创新框架的构建[J]. 中国行政管理,2010(10):73-76.
- [29]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(6):85-90.
- [30]马富萍,郭晓川,茶娜. 环境规制对技术创新绩效影响的研究——基于资源型企业的实证检验[J]. 科学学与科学管理,2011(8):87-92.
- [31]温忠麟,叶宝娟. 中介效应分析:方法和模型发展[J]. 心理科学进展,2014(5):731-745.
- [32]马艳,吴莲. 低碳技术对低碳经济作用机制的理论及实证分析——基于马克思社会总产品价值构成理论的视角[J]. 财经研究,2013(11):80-89.
- [33]IPCC. Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories[M]. Intergovernmental Panel on cliamte Change,2006:9-31.
- [34]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(7):10-18.
- [35]郭妍,张立光. 环境规制对工业企业 R&D 投入影响的实证研究[J]. 中国人口·资源与环境,2014(S3):104-107.
- [36]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——基于江苏制造业动态面板数据的实证研究[J]. 中国工业经济,2013(7):44-55.
- [37]颀茂华,王瑾,刘冬梅. 环境规制、技术创新与企业经营绩效[J]. 南开管理评论,2014(6):106-113.
- [38]李眺. 环境规制、服务业发展与我国的产业结构调整[J]. 经济管理,2013(8):1-10.