

环境规制、企业异质性与绿色技术创新

黄 亮, 邓久根, 黄钰滢

(江西师范大学 财政金融学院, 江西 南昌 330022)

摘要:立足于演化经济学异质性与技术创新的视角,从理论上梳理了政府环境规制政策下企业异质性的形成过程以及环境规制、企业异质性与企业绿色技术创新三者之间的内在联系和作用机理。研究发现,政府环境规制的外部环境能有效促进企业异质性的形成,实现企业绿色技术创新。在理论研究的基础上,以中国工业34个细分行业2008~2015年的面板数据为例,建立相应的线性与非线性面板门槛模型分析企业异质性对绿色技术创新的影响。结果表明:企业异质性对绿色技术创新存在线性的正效应;以环境规制为门槛变量,在不同环境规制强度下企业异质性对企业绿色技术创新产生非线性的门槛效应,且高环境规制强度下的企业异质性对企业绿色技术创新能力的促进作用更为显著。

关键词:演化经济学;环境规制;企业异质性;绿色技术创新;门槛效应

中图分类号:F42 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-0098(2021)01-0062-10

高质量发展的首要理念是“绿色”发展问题,在有限的资源与生态环境承载力等条件的约束下,党的十九大报告指出:要在尊重市场规律的基础上,构建绿色技术创新体系,以最严格的生态环境保护制度,实现经济的绿色发展。在传统新古典经济学的理论框架下,高强度的政府环境规制会造成企业的低效率并严重阻碍企业的技术进步。事实上,环境规制政策并不会阻碍企业绿色技术创新,这是由于不同类型的企业的知识创造过程存在着差异,而且企业内部现有组织惯例应对外部环境变化所做的调整也会不一样。那么,企业异质性能否促进绿色技术创新?本文在演化经济学的理论框架下,厘清政府环境规制、企业异质性与绿色技术创新三者之间的内在逻辑和作用机理。

一、文献综述

国外现有文献关于环境规制与绿色技术创新的研究争议较大。Dean(1995)^[1]和Wagner(2007)^[2]从主流新古典经济学的生产成本最小化理论框架出发,指出环境规制存在严重的“挤出效应”,这是由于政府环境规制会促使企业在技术一定的条件下,将部分成本用于相应政策的标准上,在企业生产成本增加的基础上严重阻碍了企业技术创新的发展。与之相反的是,Michael E. Porter(1995)^[3]认为环境规制政策虽然在短期会增加企业的生产成本,给企业带来短暂的“阵痛感”,但从长期看合理和有效的环境规制能够“倒逼”企业改进生产方式,从而生产效率得到提升,技术得到改良和创新,因此他认为环境规制与技术创新存在“U”型的关系。相反的是,Perino(2012)^[4]认为环境规制与技术创新存在非线性关系,当企业的新技术范式与传统技术范式的边际“减排”成本曲线相交时,环境规制与绿色技术创新存在倒“U”型关系。野中郁次郎

收稿日期:2020-05-10

基金项目:江西省社会科学规划重点项目“加快构建我省产学研用深度融合的技术创新体系研究”(19YJ01);江西省研究生创新基金省级立项资助项目“生物学隐喻、创新驱动与江西省绿色崛起研究”(YC2019-S148)

作者简介:黄 亮(1995-),男,江西宁都人,硕士研究生,研究方向为新兴产业;

邓久根(1968-),男,江西新干人,博士,教授,研究方向为演化与创新经济学。

(1995)^[5]基于SECI知识转换模型分析认为企业竞争优势源于企业特定组织中高度个性化的缄默知识,它产生于差异化的企业知识创造过程,而政府环境规制代表的外部环境正是企业进行技术学习的外部推动力量。可见环境规制政策并不会制约企业的技术进步,相反,它能激励企业差异化技术学习能力的形成,进而整体推动企业绿色技术创新水平。近年来,虽然国内有关环境规制与绿色技术创新的研究成果非常多,如邝嫦娥(2019)^[6]在基于2003-2014年湖南省13个地级市的面板数据的实证检验中发现:不同阶段下的环境规制对企业绿色技术创新具有不同相对程度的“遵循成本效应”和“倒逼效应”的“V”型关系;胡德宝(2018)^[7]根据1998-2017年我国30个省份的面板数据检验了外商直接投资(FDI)引致的环境规制与企业技术创新存在倒“U”型关系;陈晓(2019)等^[8]、舒丽慧和陈工(2020)^[9]、兰海英(2020)等^[10]认为政府规制对企业绿色创新意愿和创新能力的提升具有促进作用,政府制定的绿色规制政策具有“创新补偿效应”,因为不同类型的企业必须根据既定的规制政策标准,通过绿色技术创新生产清洁产品,降低污染治理成本,从而提升企业的核心竞争力。这恰说明了外部政策环境推动的企业知识创造过程存在着差异性。

传统新古典经济学的“理性经济人”假设通常把企业个体看作完全同质的,但这一假设前提所提出的经济理论往往与现实生活大相径庭,正如彼得·M·艾伦指出的,“知识、技能和惯例在个人间从没有被完全传递,个体间总是存在差别的”^[11]。关于企业异质性与技术创新的理论研究始于20世纪80年代。Saviotti(1996)^[12]指出异质性、技术进步与经济发展三者间存在着密切的联系。Lierena和Oltra(2002)^[13]认为企业差异化的技术创新策略能推动高新技术的产生和发展,其差异化程度越强烈,越能够促进企业进行技术创新。近年来,在国内一些学者的相关文献研究中也论证了企业异质性对技术创新具有显著的促进作用。如孙晓华等(2010)^[14]基于2006年中国工业36个细分行业的截面数据实证研究中,发现企业异质性对产业的技术创新能力具有显著的正效应,即企业异质性程度越大,行业的技术创新能力越强。著名演化经济学家Nelson和Winter(1982)^[15]基于知识分散性和企业间的差异性提出与生物基因类比“惯例”的概念。他们认为,惯例是企业的组织记忆,它承担传递信息和技能的功能,是企业异质性的集中体现。然而具备一定“惰性”的惯例会造成企业技术创新策略上的路径依赖,会阻碍企业更进一步的技术学习,但在严格的政府环境规制政策环境中,在位企业就可能对现行惯例做出一个适应性调整,而这个适应性调整过程往往伴随着“遗传”“变异”以及“新奇”的创生(创新)^[16]。

综上所述,一方面,现有文献从理论上集中探讨了环境规制与绿色技术创新的联系,虽然认识到外部政策环境能促进企业进行绿色技术创新,但将企业同质化了;另一方面,现有文献还探讨了企业异质性与技术创新能力的联系,但忽视了外部政策环境会使企业的知识创造过程出现差异,并对企业绿色技术创新产生不同程度的影响。因此,本文以下内容按照如下逻辑顺序展开:第一,建立环境规制、企业异质性与绿色技术创新的理论框架;第二,根据理论框架建立相应计量模型进行实证分析;第三,根据实证结果最终得出本文的研究结论。

二、理论框架

以“新奇”创生为核心的演化经济学认为任何经济体的演变都存在情境与脉络的特定性,在微观上,表现经济主体间存在个体异质性。本部分内容将介绍在现阶段的高环保压力的政策下,企业是如何依据技术学习的外部环境对内部集体经验和组织惯例做出调整实现“突变”,并达到一个“满意的标准”,从而实现企业绿色技术创新。

在变动的经济环境中,企业的行为策略会受到不确定性经济政策的影响^[17]。正如环境规制政策具备一定的不确定性,而企业克服政策不确定性的关键在于对自身差异性知识的处理。野中郁次郎(1995)^[5]认为知识可以划分为缄默知识和显性知识(能够通过技术交流、技术培训、技术贸易和外商直接投资等方式广泛扩散和传播的知识)。企业的缄默知识只附在特定的组织惯例当中,是最难以把握和被复制的,缄默知识是企业异质性的集中体现。企业惯例具有一定的“惰性”,也是最难以被学习和模仿的。同时,由于企业惯例可能形成“路径依赖”,即企业现阶段的行为范式会在一定时期内和一定条件下保持相对稳定性。但外界政策环境的变化会导致企业的组织惯例对于外部条件的刺激和变化做出调整和适应。如果企业按照现行的

“惯例”能对外部条件做出适应和调整达到“满意的标准”,则企业惯例不需做出调整,反之,企业就会对现行惯例做出一个适应性调整,达到一个“满意的标准”。相对而言,通过外商直接投资“引进技术”只是对国外中低端技术落后行业的显性知识的充分利用,不利于显性知识向缄默知识的转换,可能会阻碍企业进行绿色技术创新。对于企业而言,创新能力和竞争优势只存在于技术学习过程,逐渐理解技术和产品的技术原理与设计理念,掌握设计和制造关键技术的方法,形成自身的缄默知识^[18]。如图 1 所示,政府环境规制所代表的外部环境变化会促进企业现有组织惯例的调整并进入到知识创造的循环累积过程。在这个过程中,一方面,通过“干中学”和“用中学”,企业的生产能力和知识应用能力得到提升。具体说来:首先,企业内部的缄默知识透过“干中学”,内部员工能加深对某项技能或技术特性的理解实现知识的共同化(Socialization),企业生产能力得到增强;其次,通过“用中学”的外化(Externalization)过程,实现企业内部共同化的缄默知识向显性知识的转换;最后,联结化(Combination)过程使原有的显性知识得到增殖,在此基础上企业形成独特的知识应用能力。另一方面,“研发中学”出现在企业的研究和开发领域,企业从事研发活动不但可以催生具有商业价值的新知识和新产品,而且还能够提升企业自身对于新技术的吸收、消化及综合运用能力,将显性知识内化(Internalization)为缄默知识。在特定技术进步的轨道上,企业的研发能力得到持续的升华。生产能力、知识应用能力以及研发能力共同组成企业异质性,这便是企业知识创造的循环累积过程。由于企业知识存量的不断累积,企业异质性技术能力得到进一步加强,其间伴随着“新奇”的创生形成突变,并到达一个满意的标准,最终企业实现绿色技术创新。

可见,环境规制并非简单作用于企业绿色技术创新上,须通过企业内部现有的组织惯例对外部政策环境的变化做出适应性调整,才能实现绿色技术创新。在外部环境的影响下,企业通过“搜寻”与“反复试错”(包括:干中学、用中学和研发中学)的方式逐渐形成自身的异质性(缄默知识)达到绿色技术创新的目的。根据以上理论分析,本文做出以下研究假设:

H1:企业异质性对绿色技术创新可能在线性的正效应。

H2:在不同环境规制强度下,企业异质性对绿色技术创新可能表现出非线性的门槛效应。

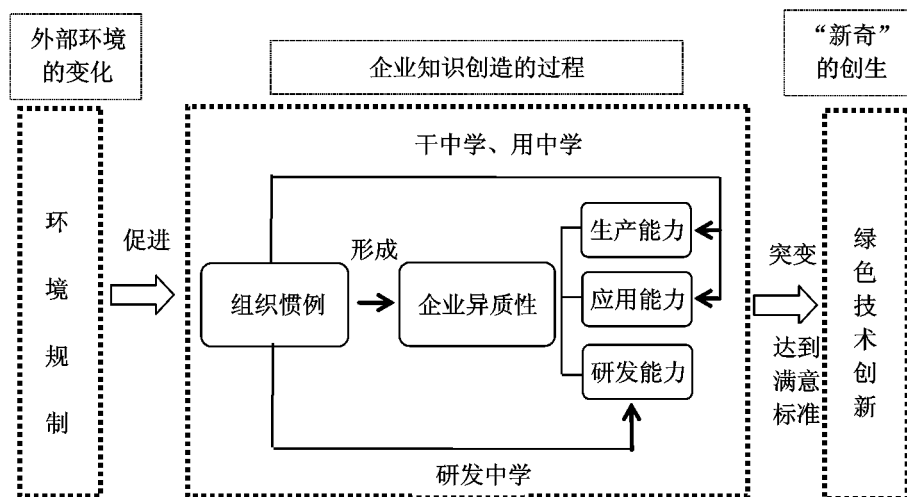


图 1 环境规制、企业异质性与绿色技术创新的内在联系与作用机理

三、研究设计

(一)样本的选择和数据说明

考虑到中国工业在 2011 年前后行业分类和命名存在差异,本文借鉴高瑜玲(2018)^[19]的做法,统一根据 2011 年中国工业行业的分类标准对工业细分行业进行整合。一方面本文去除了年度数据缺失过多的“开采辅助行业”“其他采矿业”“仪器仪表制造业”“其他制造业”“废弃资源综合利用业”“金属制品、机械和设备修理业”以及“水的生产和供应业”;另一方面,由于 2015 年后《中国环境统计年鉴》不再对工业细分行业的废水、废气排放等指标进行统计,考虑到样本数据集的完整性,本文最终选取 2008 ~ 2015 年作为样本区间,

选择工业现有 41 个细分行业中的 34 个行业作为面板数据。并且将“汽车制造业”和“铁船、船舶、航空航天和其他运输设备制造业”整合为“交通运输设备制造业”,将 2002 年工业细分行业的“橡胶制品业”和“塑料制品业”整合为“橡胶和塑料制品业”。本文使用的数据来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴》,部分年度的缺失数据通过 EPS 数据平台进行搜索补充。

(二)模型设定、变量选取与数据处理

1. 计量模型的设计

本文借鉴常规的 Cobb-Douglas 生产函数,并参考现有文献针对绿色技术创新影响因素的常规做法,构建的基本计量模型如下:

$$LNGTI_{it} = \beta_0 + \beta_1 HET_{it} + \theta_1 LNTL_{it} + \theta_2 LNSTR_{it} + \theta_3 LNK_{it} + \theta_4 LNFDI_{it} + \theta_5 LNEPR_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i, t 分别代表行业和年份; β_0, β_1 和 θ_i 为待估参数; μ_i 为不可观测的行业效应, ε_{it} 为随机扰动项。 $LNGTI_{it}$ 表示的是行业绿色技术创新水平。 HET_{it} 表示解释变量行业的企业异质性,控制变量包括外商直接投资(FDI)、企业绩效(EPR)、市场结构(STR)、企业内部研发资金投入(K)以及人力资本水平(TL)。

模型(1)反映的是企业异质性与绿色技术创新之间的线性关系。参考现有文献应考虑到环境规制强度对绿色技术创新可能存在的线性以及非线性影响,本文构造如下模型(2)和模型(3):

$$LNGTI_{it} = \beta_0 + \beta_1 HET_{it} + \beta_2 ERI_{it} + \theta_i X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$LNGTI_{it} = \beta_0 + \beta_1 HET_{it} + \beta_2 ERI_{it} + \beta_3 ERI_{it}^2 + \theta_i X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, $LNGTI_{it}$ 为被解释变量, β_2 与 β_3 表示待估参数, X_{it} 表示控制变量, ERI_{it} 为环境规制强度变量, ERI_{it}^2 为环境规制强度对应的二次项。

基于前文的理论分析,本文认为在不同程度的环境规制作用下,企业异质性很可能对绿色技术创新产生不同程度的影响。如果该影响是非线性的,那么仅基于模型(1)、模型(2)、模型(3)得出的结论显然有所偏差。本文将利用非线性面板门槛模型来考察不同环境规制强度的作用下,企业异质性对绿色技术创新的门槛效应。

本文借鉴 Hansen^[20] 构建面板门槛模型的思想,建立面板门槛模型如下:

$$LNGTI_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 HET_{it} \times I(ERI_{it} \leq \gamma_1) + \alpha_2 HET_{it} \times I(\gamma_1 < ERI_{it} \leq \gamma_2) + \dots + \alpha_n HET_{it} \times I(\gamma_{n-1} < ERI_{it} \leq \gamma_n) + \alpha_{n+1} HET_{it} \times I(ERI_{it} > \gamma_n) + \beta_2 ERI_{it} + \beta_3 ERI_{it}^2 + \theta_i X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式(4)中, $LNGTI_{it}$ 为被解释变量绿色技术创新; γ 为待估计的门槛值, ERI_{it} 为门槛变量环境规制强度; $I(*)$ 为指示函数,当条件成立时, $I(*)$ 的值为 1,反之值为 0; HET_{it} 为解释变量企业异质性, ERI_{it}^2 为环境规制强度对应的二次项, X_{it} 为控制变量, μ_i 为不可观测的行业效应, ε_{it} 为随机扰动项。

2. 变量选取与数据处理

(1) 被解释变量

绿色技术创新(GTI)。现有研究对绿色技术创新指标的度量非常多,最具代表性的一种是依据 OECD 公布的《技术领域与 IPC 分类号对照表》,通过对应的绿色专利数量刻画绿色技术创新水平^[21]。还有一种是基于单位新产品的能源消耗量来度量绿色产品创新,通常情况下,一个行业的绿色技术创新水平越强,则新产品产出的单位能源消耗量就越低。基于数据的可获得性,本文借鉴陈晓等(2019)^[8]的方法采用绿色产品创新来表示绿色技术创新,即使用工业分行业的新产品销售收入与工业能源消耗量的比值来衡量绿色技术创新。该比值越大,则说明绿色产品创新能力越强,亦即绿色技术创新水平越高。

(2) 解释变量

环境规制强度(ERI)。对于环境规制的度量,学界争议较大。以往对中国工业样本的文献研究中,学者通常从污染物的排放量、污染物的排放达标率以及污染治理投入三个不同的方面来刻画环境规制水平:如,赵莉等(2019)^[22]通过综合“三废”(废气、废水和固体废物)无量纲排放量的减少来直接度量环境规制程度;

再如,张中元等(2012)^[23]使用工业二氧化硫去除量和工业废水达标率来表示环境规制强度;又如,闫文娟等(2012)^[24]采用工业单位废水排放量的污染治理投资额来度量行业的环境规制程度。

本文认为上述第一种和第三种方法对环境规制的度量方法较单一;由于《中国环境统计年鉴》在 2011 年后不再对分行业的“工业二氧化硫去除量”和“工业废水达标率”进行统计,故方法二不适用于本文的研究。考虑到数据的可获得性和指标衡量的科学性,本文最终借鉴王勇等(2015)^[25]的方法对环境规制强度进行衡量,其测算公式如下:

$$ERI_{it} = \frac{SI_{it}}{TE_{it}} = \frac{\frac{I_{it}}{I_t}}{\sum_{j=1}^2 SE_{ijt}} \quad (5)$$

式(5)中, $SI_{it} = I_{it} / \bar{I}_{it}$ 是第 i 个行业 t 年工业污染治理投入的无量纲化的总和, I_{it} 表示第 i 个行业 t 年的工业废水、废气的污染治理设施运行费用的总和, \bar{I}_t 为各行业 t 年设施运行费用的均值; TE_{it} 表示第 i 个行业 t 年的废水、废气排放的无量纲化之和,其中 $SE_{ijt} = E_{ijt} / \bar{E}_{jt}$ 表示第 i 个行业 t 年无量纲化后的 j 种工业污染物的排放, E_{ijt} 表示第 i 个行业 t 年 j 种污染物的排放量, \bar{E}_{jt} 是各个行业 t 年 j 种污染物排放量的平均值。

企业异质性(HET)。本文采用衡量信息多样性的熵指标法^[26]来表示宏观层面的企业异质性程度:

$$HET_{it} = - \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (6)$$

式(6)中, HET_{it} 表示的是企业异质性程度; P_{ij} 表示第 j (1,2,3) 类企业数在整个工业细分行业 i 中所占的份额。考虑到数据的可获得性,鉴于私营企业、大中型企业以及国有控股企业在生产能力、知识应用能力和研发能力等方面存在较大的差别,可以认为这三类工业企业在应对政府环境规制上做出的反应存在显著性差异,故本文认为利用这三类规模以上工业企业的数目综合测量的熵指标来指示行业内部企业间异质性程度是合理的。 HET_{it} 数值越大,说明某一类行业中企业的异质性程度就越大,反之则越小。

(3) 控制变量

企业绩效(EPR)采用规模以上大中型工业企业利润总额与总资产的比值表示^[27];市场结构(STR)采用工业行业的企业数量来衡量;创新投入方面,主要包含研发资金(K)和人力投入(TL)两个方面,本文使用 R&D 内部经费支出表示行业内部研发资金投入(K),采用 R&D 人员全时当量占规模以上工业企业从业人数的比重来测算人力资本水平(TL)^[28];外商直接投资(FDI)以规模以上外商投资和港澳台商工业企业主营业务收入占规模以上工业行业的主营业务收入的比重表示。

为减缓计量模型中可能存在的异方差问题,本文对除 HET、ERI 及 ERI^2 以外的所有变量取对数处理。同时为了保证数据处理结果的科学性,本文对部分变量的原始数据逐一进行价格平减,以消除物价波动因素的影响。其中,本文借鉴朱平芳(2003)^[29]构造 R&D 指数的方法,对“R&D 内部经费支出”进行价格平减,具体做法是:R&D 价格指数 = 0.45 * 固定资产投资价格指数 + 0.55 * 居民消费价格指数。

四、实证分析

(一) 回归检验与分析

本文使用 stata 15.0 软件对计量模型进行估计。在进行回归分析之前,本文首先采用 HT 检验法验证面板数据的平稳性;其次,通过 F 检验、LSDV(最小二乘虚拟变量)法,认为个体效应模型优于混合回归 OLS 模型;再次,为选择合适的计量模型,本文采用辅助法回归法对上述计量模型进行异方差稳健豪斯曼检验,原假设为随机效应,P 值为 0.0000,因此,本文的实证内容应采用固定效应模型展开分析;最后,结合以上检验结果,本文认为可以使用 Hansen 的面板门限回归模型,即模型(4)的设定符合前提条件。

在对面板门限模型(4)进行回归分析之前,需要确定门槛效应的存在性以及门槛值的个数,而后才能确定模型的具体形式。借鉴 Hansen(1999)的做法^[20],采用 Bootstrap(样本自抽样)的方法模拟 F 统计量的渐进分布,并得出对应 P 值和置信区间。本文分别从单一门槛、双重门槛以及三重门槛的假设前提出发,以环

境规制强度(ERI)为门槛变量,以企业异质性(HET)为对应解释变量,绿色技术创新为被解释变量。并根据Bootstrap法进行300次的样本自抽样得到相应的门槛效应检验F统计量与P值。如表1所示:单一门槛和双重门槛均在5%的显著性水平上显著;但无论是在5%还是10%的显著性水平上,环境规制对应解释变量企业异质性对绿色技术创新的三重门槛效应均不显著。

本文还要对双重门槛值作进一步估计,如表2所示:环境规制对于企业异质性的双重门槛估计值在95%的置信区间范围内与单一门槛估计值出现了重叠部分,本文根据Hansen的观点,应舍弃第二个门槛估计值。Hansen通过计算给出了原假设 $H_0: \gamma = \hat{\gamma}$ (这种情况下无法识别门槛值)的拒绝域,经过对应的似然比检验统计量: $LR(\gamma_1) = (S(\gamma) - S_1(\hat{\gamma})) / \hat{\sigma}^2$,当显著性水平为 α 时,则 $LR(\gamma_1) \leq C(\alpha) = -2\ln[1 - \sqrt{(1 - \alpha)}]$,不能拒绝原假设。为了检验第一个门槛估计值的有效性,本文借助似然比函数图来加以证明,门槛值的有效性通过了检验。检验结果说明,企业异质性在不同的环境规制下对绿色技术创新的影响存在显著的单一门槛效应。因此,本文将通过单一门槛模型实证检验在不同环境规制强度下,企业异质性对绿色技术创新存在非线性影响。

表1 门槛效应的存在性检验

门槛变量	门槛类型	F值	P值	Bootstrap 次数	临界值		
					10%	5%	1%
环境规制	单一门槛	32.04***	0.0000	300	11.7754	16.3840	23.2144
	双重门槛	17.78**	0.0367	300	13.8901	16.3930	23.4196
	三重门槛	6.68	0.5200	300	15.5561	21.0504	28.6332

注:***、**、*分别表示1%、5%以及10%的显著性水平。

表2 门槛值的估计结果

门槛变量	门槛检验	门槛估计值	95%置信区间
环境规制	第一个门槛值	0.4215	[0.4123, 0.4218]
	第二个门槛值	0.4163	[0.4151, 0.4218]

(二) 回归结果分析

表3列示了相应模型的回归结果,从模型(1)的回归结果可以看出企业异质性对绿色技术创新存在显著的正效应,即企业差异化技术学习能力的形成,可从整体上推动企业的绿色技术创新水平,假设 H_1 成立。在模型(2)中,环境规制对绿色技术创新的影响系数不显著原因可能是环境规制与绿色技术创新存在非线性的关系,与此同时,在加入环境规制强度变量的平方项的模型(3)中,ERI和 ERI^2 的影响系数均在5%的显著性水平上显著,而ERI的影响系数符号为正, ERI^2 的影响系数符号为负共同表明在外商直接投资(FDI)条件下,环境规制与企业绿色技术创新存在的倒“U”型关系^[7]这一现象也可能存在于我国工业细分行业中。从模型(4)回归结果看,企业异质性在不同环境规制强度下,它对绿色技术创新的影响系数符号均显著为正,其差异性体现在环境规制门槛值左右两端斜率的变化,假设 H_2 成立。当环境规制强度低于单一门槛值0.4215时,企业异质性对工业企业绿色技术创新的影响系数为0.577;当环境规制强度跨越单一门槛值时,企业异质性对绿色技术创新的影响系数则高达0.764。影响系数的变动表明高环境规制强度下的企业异质性对绿色技术创新的促进作用优于低环境规制强度的状况。上述回归结果表明,外部环境的改变与行业内部企业组织惯例的变化所体现的企业异质性是密切相关的,高环保压力可以促进企业组织惯例的变化,从而促使企业自身缄默知识(企业异质性)的形成,最终在更高程度上推动绿色技术创新以达到满意的标准。

控制变量方面。市场结构(LNSTR)在1%的显著性水平上对绿色技术创新的影响系数符号为正,这表明行业内部激烈的市场竞争环境能促进在位企业从事技术研发活动,一定程度上有助于工业企业绿色技术创新绩效的提升;创新投入方面,行业内部研发资金投入(LNK)和人力资本(LNLT)投入对绿色技术创新的影响系数符号均在1%的显著性水平上为正,共同表明行业内部研发经费的投入使用和高素质人才储备有助于工业企业绿色技术创新水平的提升;就企业绩效(LNEPR)而言,该指标对绿色技术创新的影响系数符号为正但并不显著,说明企业绩效虽然对绿色技术创新存在正效应,但在盈利的情况下,企业对现有技术的

改良和新技术研发的意愿可能不强;而外商直接投资(LNFDI)的影响系数符号在1%的显著性水平上为负数,与邝嫦娥(2019)等的研究结果一致^[6],表明通过外商直接投资引进的技术可能会集中在技术相对落后的中低端行业,不利于企业技术转换,对绿色技术创新产生的作用是消极的。

表3 实证回归分析结果

被解释变量:LNGTI				
解释变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
lnTL	0.292*** (4.41)	0.291*** (5.14)	0.255*** (4.66)	0.203*** (4.19)
lnSTR	0.502*** (3.28)	0.501*** (3.28)	0.536*** (3.27)	0.556*** (3.80)
lnK	0.134*** (4.63)	0.134*** (4.61)	0.136*** (4.31)	0.140*** (4.09)
lnFDI	-0.399*** (-3.51)	-0.398*** (-3.49)	-0.391*** (-3.45)	-0.428*** (-3.95)
lnEPR	0.0633 (1.07)	0.0633 (1.07)	0.0603 (1.02)	0.0172 (0.30)
HET	0.619*** (3.30)	0.620*** (3.27)	0.658*** (3.48)	
ERI		0.0063 (0.07)	0.659** (2.06)	
ERI ²			-0.327** (-2.13)	
HET(ERI≤0.4215)				0.577*** (3.18)
HET (ERI>0.4215)				0.764*** (4.19)
行业效应	Yes	Yes	Yes	Yes
F 统计量	25.43***	24.74***	22.16***	21.82***
样本数	264	264	264	264
R ²	0.404	0.404	0.416	0.469

注:括号内的数为t统计量;*、**和***表示通过了在10%、5%和1%水平上的显著性检验。

五、稳健性检验

为了保证本文模型选择的合理性和实证研究结果的可靠性,本文采取替换核心解释变量的方式进行稳健性检验。采用现有学界的做法,利用取倒数的赫芬达尔-赫希曼指数^[30]对企业异质性(HET)指标进行衡量和替换,并重复进行上述回归操作。结果如表4所示,企业异质性(HET)与绿色技术创新(GTI)的线性和非线性关系依然成立,且对各模型变量的回归结果与前文基本保持一致,可从一定程度上反映本文研究结果的稳健性。

表4 稳健性检验结果

被解释变量:LNGTI				
解释变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
lnTL	0.289*** (4.63)	0.289*** (4.59)	0.249*** (4.08)	0.207*** (3.75)
lnSTR	0.554*** (3.40)	0.554*** (3.40)	0.599*** (3.66)	0.611*** (3.89)
lnK	0.131*** (4.10)	0.131*** (4.07)	0.132*** (3.76)	0.133*** (3.62)

被解释变量:LNGTI				
解释变量	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
lnFDI	-0.398*** (-3.47)	-0.398*** (-3.46)	-0.391*** (-3.42)	-0.423*** (-3.84)
lnEPR	0.0594 (0.99)	0.0594 (0.99)	0.0557 (0.94)	0.0147 (0.25)
HET	1.256*** (3.24)	1.255*** (3.17)	1.383*** (3.36)	
ERI		-0.0068 (-0.01)	0.656** (2.02)	
ERI ²			-0.328** (-2.11)	
HET (ERI≤0.4215)				1.131*** (3.13)
HET (ERI>0.4215)				1.574*** (3.25)
行业效应	Yes	Yes	Yes	Yes
F 统计量	24.25***	23.61***	21.17***	20.41***
N	264	264	264	264
R ²	0.393	0.393	0.405	0.453

注:括号内的数为 t 统计量;*、**和***表示通过了在 10%、5%和 1%水平上的显著性检验。

六、结论与讨论

较以往研究而言,首先,本文研究突破了仅限于探讨环境规制与企业绿色技术创新关系的单一视角;其次,从演化经济学的异质性与技术创新的研究视角出发,理论上阐述了环境规制、企业异质性与绿色技术创新的内在机制,即政府环境规制政策所代表的外部环境变化会促进企业对内部组织惯例的调整,企业的缄默知识得到深化,体现在企业的生产、知识应用和研发能力的提升能促进企业异质性的形成,最终企业实现绿色技术创新达到一个“满意的标准”;最后,本文以中国工业 34 个细分行业 2008~2015 年的面板数据进行了实证分析,实证结果表明:(1)企业异质性的对工业企业绿色技术创新存在显著的正效应,随着行业内企业异质性的增强,工业企业的绿色技术创新能力会呈现出上升的态势;(2)外商直接投资(FDI)条件下,环境规制与企业绿色技术创新存在的倒“U”型关系也同时存在于我国工业细分行业中;(3)在不同环境规制强度的作用下,企业异质性对企业绿色技术创新存在显著的非线性关系。高环境规制强度下(ERI>0.4215)的企业异质性对企业绿色技术创新能力的促进作用明显大于低环境规制强度(ERI≤0.4215)下企业异质性对企业绿色技术创新能力的促进作用。

基于上述研究结论,本文认为在关注环境规制与企业绿色技术创新的问题上不能囿于揭示二者间的相关关系,还应当强调经济体内部的企业异质性。由于企业异质性依赖于企业组织内部知识的累积,即企业缄默知识的形成与深化,而缄默知识是最难以被复刻和学习的,具体表现在企业的生产能力、知识应用能力以及研发能力三个方面。因此,本文认为在讨论推进中国工业企业绿色技术创新的政策问题上应从企业异质性形成过程的原理出发,以防止企业在绿色技术创新过程中可能出现的市场失灵问题:(1)政府应根据特定的行业适时调整环境规制政策,通过严格把控环境规制政策的尺度,因地制宜地增加环境规制强度来引导工业企业从事绿色技术创新。(2)由于一些关键性技术往往出自中小型民营企业,而这类企业在自发型的绿色技术创新过程中常因面临研发经费不足、专业人才匮乏等劣势而致创新动力的不足,政府可通过严格审查和筛选申请政府补贴的企业,加大对绿色创新效益高的企业的补贴力度以及相关税收激励政策来解决企业绿色技术创新的资金短缺问题。(3)演化经济学认为“生产什么?”比“生产多少?”更为关键,鉴于通过外商直接投资“引进技术”只是对国外中低端技术落后行业的显性知识的充分利用,不利于显性知识向缄默知识的转换,可能会阻碍工业企业进行绿色技术创新,因此需求方创新政策显得尤为重要^[31]。具体而言,一方面

应强化各行业内部的国有企业在关键核心技术领域以及那些研发周期长、资金规模大、技术扩散能力强的共性技术创新领域的引领性作用,加快新绿色技术产品创新的成熟与扩散;另一方面还要促进政府、企业、教学、科研“四螺旋”协同创新的网络建设,发挥协同创新网络内部组织的“联动效应”和新技术的“扩散效应”,重视对实验型和创新型人才的培育,强化企业内部缄默知识的累积,进一步缩短实验型创新成果到首次商业化实现的周期。

参考文献:

- [1] Dean Thomas J, Brown Robert L. Pollution regulation as a barrier to new firm entry: Initial evidence and implications for future research[J]. *Academy of Management Journal*, 1995, 38(1): 288 - 303.
- [2] Wagner M. On the relationship between environmental management, environmental innovation and patenting: evidence from German manufacturing firms[J]. *Research Policy*, 2007, 36(10): 1587 - 1602.
- [3] PORTER M E, CLAAS V D L. Toward a new conception of the environment - competitiveness relationship[J]. *Journal of Economic Perspective*, 1995, 9(4): 97 - 118.
- [4] Perino G, Requate T. Does more stringent environmental regulation induce or reduce technology adoption? When the rate of technology adoption is inverted U - shaped[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2012, 23(5): 234 - 251.
- [5] [日]野中郁次郎,竹内弘高. 知识创造的企业[M]. 北京: 知识产权出版社, 1995.
- [6] 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.
- [7] 胡德宝, 林于汕, 严晗. 环境规制提高企业创新能力了吗? ——基于省级 FDI 面板数据的实证检验[J]. *宁夏社会科学*, 2018(6): 97 - 102.
- [8] 陈晓, 李美玲, 张壮壮. 环境规制、政府补助与绿色技术创新——基于中介效应模型的实证研究[J]. *工业技术经济*, 2019, 38(9): 18 - 25.
- [9] 舒丽慧, 陈工. 政府规制、绿色创新意愿与绿色技术创新能力——基于中国能源企业的证据[J]. *广西财经学院学报*, 2020(4): 115 - 124.
- [10] 兰海英, 李玮, 温利民. 江西省全要素生产率测算与分析: 1978 - 2018[J]. *金融教育研究*, 2020(5): 31 - 39.
- [11] 贾根良. 演化经济学导论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2014.
- [12] Saviotti P. , Technological Evolution, Variety and the Economy, *Journal of Economic Literature* [J]. 1996, 34(4): 2118.
- [13] Lerena P. and V. Oltra, Diversity of Innovation Strategy as a Source of Technological Performance, *Structural Change and Economic Dynamics* [J]. 2002, 13(2): 179 - 201.
- [14] 孙晓华, 戴进, 王昀. 技术创新的演化经济学研究述评[J]. *科学管理研究*, 2010, 28(2): 15 - 19.
- [15] Nelson R. and Winter S. , An Evolutionary Theory of Economic Change [M], Cambridge: The Belknap of Harvard University Press, 1982(10): 99 - 128.
- [16] 贾根良. 演化经济学与达尔文主义: 文献述评[J]. *政治经济学评论*, 2004(2): 184 - 196.
- [17] 张庆君, 李雨霏, 岳媛. 经济政策不确定性、现金持有水平与过度投资[J]. *金融教育研究*, 2019, 32(2): 32 - 41.
- [18] 万军. 技术创新与产业升级[M]. 天津: 南开大学出版社, 2015. 12: 118 - 121.
- [19] 高瑜玲. 环境规制对工业技术创新的影响——基于行业异质性视角[J]. *西南交通大学学报(社会科学版)*, 2018, 19(1): 115 - 122.
- [20] HANSEN B E. Threshold effects in non - dynamic panels: Estimation, testing, and inference[J]. *Journal of Econometrics*, 1999, 93(2): 345 - 368.

- [21] 徐文华,郑嘉琳.环境规制助推绿色技术创新研究——基于长江经济带的检验[J].当代经济,2019(5):108-111.
- [22] 赵莉,薛钥,胡逸群.环境规制强度与技术创新——来自污染密集型制造业的实证[J].科技进步与对策,2019,36(10):59-65.
- [23] 张中元,赵国庆.FDI、环境规制与技术进步[J].数量经济技术经济研究,2012,(4):19-32.
- [24] 闫文娟,郭树龙,史亚东.环境规制、产业结构升级与就业效应:线性还是非线性?[J].经济科学,2012(6):23-32.
- [25] 王勇,李建民.环境规制强度衡量的主要方法、潜在问题及其修正[J].财经论丛,2015(5):98-106.
- [26] 季凯文,齐江波.中国航空与旅游产业的耦合协调度测算及其空间效应分析[J].金融教育研究,2020,33(6):10-21.
- [27] 黄文炎,向丽.R&D外包、自主研发与绿色技术创新——基于中国工业行业的经验研究[J].会计之友,2019(8):50-55.
- [28] 徐建中,王曼曼.绿色技术创新、环境规制与能源强度——基于中国制造业的实证分析[J].科学学研究,2018,36(4):744-753.
- [29] 朱平芳,徐伟民.政府的科技激励政策对大中型工业企业R&D投入及其专利产出的影响——上海市的实证研究[J].经济研究,2003(6):45-53+94.
- [30] 孙晓华.技术创新与产业演化:理论及实证[M].北京:中国人民大学出版社,2012.
- [31] 邓久根,薛小彬.供给侧结构性改革需重视需求方创新政策制定[J].经济纵横,2018(5):76-82.

Environmental Regulation, Enterprise Heterogeneity and Green Technology Innovation

HUANG Liang, DENG Jiugen, HUANG Yuying

(School of Finance, Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi 330022, China)

Abstract: Based on the perspective of evolutionary economics heterogeneity and technological innovation, this paper theoretically sorts out the formation process of enterprise heterogeneity under the government's environmental regulation policy, as well as the internal relationship and mechanism between environmental regulation, enterprise heterogeneity and enterprise green technology innovation. Research has found that the external environment regulated by the government's environment can effectively promote the formation of enterprise heterogeneity, thereby enabling enterprises to achieve green technological innovation. According to the theoretical research, this paper based on panel data from 34 industries of China's industry from 2008 to 2015, and established corresponding linear and non-linear models to analyze the impact of enterprise heterogeneity on green technological innovation. The results show that there is a linear positive effect of corporate heterogeneity on green technological innovation, and taking environmental regulation as the threshold variable, the heterogeneity of enterprises under different environmental regulation intensities has a nonlinear threshold effect on green technological innovation. Moreover, the heterogeneity of enterprises under the high intensity of environmental regulation plays a significant role in promoting the green technological innovation capabilities of enterprises.

Key words: Evolutionary economics; Environmental regulation; Enterprise heterogeneity; Green technology innovation; Threshold effect

(责任编辑:沈 五)