

绿色技术创新的影响因素分析 ——基于中国专利的实证研究

许晓燕, 赵定涛, 洪进

(中国科学技术大学管理学院, 安徽合肥, 230026)

摘要: 在探讨中国绿色技术创新现状的基础上, 利用 2003—2009 年中国省际面板数据实证研究了中国绿色技术创新的影响因素。研究表明, 与命令—控制型规制相比, 市场激励型规制对绿色技术创新有着更显著的促进作用; 经济发展水平方面, 地区经济发展规模的扩大有助于促进绿色技术创新水平的提高, 而工业比重表现出一定的负向影响。R&D 的投入与绿色技术创新水平有着显著的正向关系, 外商直接投资的作用不明显。

关键词: 绿色技术创新; 影响因素; 专利分析; 环境规制; 经济发展水平; R&D 投入; 外商直接投资

中图分类号: F062.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2013)02-0029-05

绿色技术创新不仅可以实现传统技术创新带来的经济效益, 同时在生产中将外部环境污染内部化, 缓解甚至消除矛盾, 是解决“经济—环境”发展难题的有力工具。目前国内对于绿色技术创新这一话题的探讨并不多, 现有的研究大都是从绿色技术创新的必要性进行理论阐述, 落脚点主要集中在绿色技术创新会产生什么影响, 而绿色技术创新的影响因素研究却很少涉及。基于此, 本文对中国绿色技术创新的现状进行梳理, 并实证研究绿色技术创新的影响因素, 以便为制定中国绿色技术创新的相关政策提供依据。

一、文献综述

对绿色技术创新的研究起源于上世纪五六十年代, 但学术界至今还没有形成较为统一的概念。如 Braun & Wield 将绿色技术定义为: 减少环境污染, 减少原材料和能源使用的技术、工艺或产品的总称^[1]。Kemp 等人认为, 绿色技术创新是因避免或减少环境损害而产生的新的或改良的工艺、技术和产品^[2]。根据戴鸿轶等的研究结果, 国外学者更倾向于使用“环境技术创新”, 而国内的学者更常用“绿色技术创新”^[3]。这些概念很大程度上表达的内涵是一致的, 本文将沿用“绿色技术创新”这一术语。对绿色技术

创新研究意义已经得到学者们的普遍认可, 他们认为与一般的技术创新相比, 绿色技术创新既可以产生正的溢出效应, 同时也可以将负的环境效应内部化。从宏观角度看, 绿色技术创新被视为全球绿色转型和发展低碳经济的核心手段^[4]; 从微观的企业角度看, 绿色技术创新是增强企业竞争优势的有力途径^[5]。

大多数学者认为合理的环境规制是促进绿色技术创新的重要手段。经典的波特假说表明环境的典型公共物品属性决定了市场机制对其配置的低效率, 企业不会主动进行绿色技术创新, 政府进行环境规制, 可以使企业将外在的成本内部化^[5]。在此基础上, 一些学者将环境规制进行分类, 探讨不同的规制手段对于绿色技术创新的影响程度。如 Brunnermeier & Cohen 把环境规制分为污染治理控制支出和政府检查监测活动, 分别讨论对于美国制造业的绿色技术创新的影响, 结果表明污染治理控制支出与绿色技术创新之间的联系很小, 而政府检查监测活动的加强并没有使绿色技术创新得到相应的增加^[6]。按照环境规制对经济主体排污行为的不同约束方式, Paul & Robert 将环境规制分为命令—控制型规制和市场激励型规制。命令—控制型环境规制对于企业必须达到的环保目标以及采用的技术标准都做了严格的规定, 手段过于刚性; 而市场激励型环境规制是政府制定相关的政策法规, 鼓励企业通过市场信号来做出行为决策, 刺激企业进行绿

收稿日期: 2012-08-16; 修回日期: 2013-02-22

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于消费行为的碳足迹测定及演化机理研究”(71171183); 教育部人文社会科学项目“生活方式转型与环境技术创新互动机制研究”(10YJA790260)

作者简介: 许晓燕(1987-), 女, 安徽合肥人, 中国科学技术大学管理学院硕士研究生, 主要研究方向: 创新管理, 区域经济; 赵定涛(1955-), 男, 安徽广德人, 中国科学技术大学管理学院教授, 博士生导师, 主要研究方向: 战略管理与政策分析; 洪进(1965-), 男, 安徽铜陵人, 中国科学技术大学管理学院副教授, 主要研究方向: 创新管理。

色技术创新^[7]。Kathuria 的研究结果表明在转型中的发展中国家,相对于传统的命令控制型工具,市场激励更能通过较低的成本实现较高的环境收益^[8]。

尽管环境规制已经被证明是促进绿色技术创新的有效手段。但也有学者提出:现有的工业主流技术对化石能源有高度的依赖性,同时政治、经济、社会与其结成一个“技术—制度综合体”,形成了一种共生的系统内在惯性,导致技术锁定和路径依赖,致使绿色技术创新在传播与扩散上面临着阻碍^[9]。因此,众多学者从创新经济学和演化经济学的角度出发,探讨绿色技术创新的其他因素。

从现有的国内外研究可以看出,国外的学者大多以环境规制和绿色技术创新为研究对象,探讨两者的互动机制,鲜有考虑其他重要的因素。而国内的研究起步相对较晚,加之绿色技术创新数据获取的难度较大,大多文献仅讨论环境规制与技术创新的关系,并没有细分到绿色技术。本文试图克服以往研究的不足,基于中国绿色技术的专利数据,先对中国绿色技术创新水平的现状进行统计分析。再利用中国省际的面板数据,实证分析了环境规制、R&D投入、经济发展水平等多种因素对于绿色技术创新水平的影响。最后根据实证结果提出政策启示以期为提高绿色技术创新水平提供相关依据。

二、中国绿色技术创新的发展现状

技术创新的衡量有多种标准,如使用专利数据^[6],或者使用 R&D 的投入强度^[10],其中专利是被广泛应用来说明技术创新水平的指标。这是因为专利申请情况通常与新技术的发展一致,并且可以用来追踪技术转移的状况^[11]。

基于此,本文采用有关绿色技术的专利来衡量绿色技术创新水平,数据来源于中国知识产权网(<http://www.cnipr.com/>)。使用 python 软件进行程序设计,搜集了专利检索平台中“绿色技术”类别下的所有专利信息,来进行实证分析。

(一) 绿色技术创新的时间变化特征

整体上来说,2003—2009年中国的绿色技术创新水平大致可以分成两个阶段(图1):第一阶段为2003—2005年,绿色技术专利申请量呈现缓慢波动状态;第二阶段为2006—2009年,专利申请量增长趋势十分明显,说明环境问题已经引起了各方的重视。从绿色技术创新涵盖的范围来看,图2所示6类绿色技术创新的增长趋势与图1基本保持一致^[12]。总体上来说,

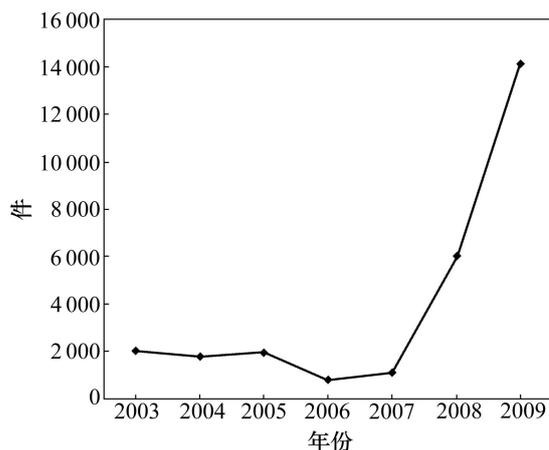


图1 2003—2009年中国绿色技术专利申请量

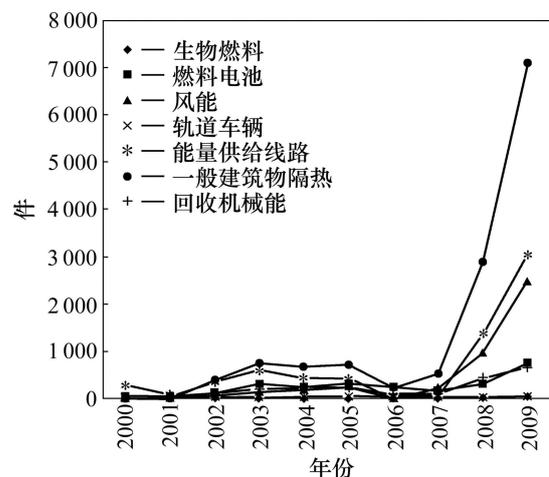


图2 2003—2009年各类绿色技术专利申请量

2003—2005年,各类绿色技术专利的申请量的波动较小。2006年后,各类绿色技术呈现出爆发式增长,其中增长速度最快的是能量供给线路,其次是轨道车辆和风能。

从绿色技术专利的时间趋势上来看,这同中国政府在环境规制方面做出的努力是密不可分的。2006年,中国政府第一次发表了《中国的环境保护(1996—2005)》白皮书,宣布将环境保护确立为一项基本国策。国家环保局开始着手整顿化工石化等高污染产业,对违法项目的处理从“立即叫停”转变为“限期整改”,维持经济的持续发展。同年,《可再生能源法》正式开始实施,能源法律法规群日趋完善。

(二) 绿色技术创新的区域分布状况

绿色技术创新水平在各个省份的发展差异较为明显,存在区域失衡的现象。以2009年为例,中国各地区平均绿色技术专利申请量为425项,仅有7个省份(广东、江苏、北京、山东、上海、浙江、辽宁)高

于平均水平。其中申请量最高的省份为广东, 高达 1 846 件, 而最低的海南和宁夏仅为 14 件, 详见图 3。

中国绿色技术创新的区域分布有两大特点: 一是专利申请量仅集聚在几个经济较发达的省份, 广东、江苏、北京、山东、上海和浙江六省的绿色技术专利申请量占全国的 61%; 二是绿色技术创新水平分布同区域经济发展水平存在较高的一致性, 东部的平均申请量为 958 项, 远远高于全国平均水平, 东北和中部的创新水平较为相似, 平均申请量为 492 项和 323 项, 而西部与其他地区创新水平相差悬殊, 平均申请量仅有 135 项。

从基本现状可以看出, 中国绿色技术创新的整体发展势头强劲, 但是在区域层面上却存在严重的不平衡。为了深入分析这一现象后面的深层次原因, 我们将通过实证研究来分析中国绿色技术创新的影响因素。

三、中国绿色技术创新的影响因素分析

(一) 指标选取与变量说明

在分析中国绿色技术创新现状的基础上, 本文将从环境规制、经济发展水平、R&D 投入、外商直接投资这四个方面来探讨绿色技术创新的影响因素。由于环境污染的负外部性, 现有国内外文献大多把关注点放在环境规制方面, 而作为技术创新的一个子集, 绿色技术创新同样会受到 R&D 投入、经济等因素的影响。本文收集了 2003—2009 年中国 30 个省、市、自治区 (西藏数据缺乏, 已剔除) 的面板数据, 以绿色技术创新水平作为因变量, 进行回归分析。

环境规制可以分为命令—控制型规制和市场激励

型规制^[7]。命令—控制型规制是强制性的政策手段, 是立法或行政部门根据相关的法律、法规和技术标准, 直接规定污染者污染排放限度和方式的规章制度, 企业必须遵循, 否则会受到法律或行政的处罚。“三同时”是中国独创的环境规制手段, 它规定建设项目中防治污染的措施必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用, 有力的防止新污染的产生。市场激励型规制是鼓励企业通过价格、税收等市场信号来做出行为决策, 它考虑了不同企业的成本差异问题。排污收费制度是中国较早使用的市场激励规制, 也是国内学术界普遍使用的指标。本文选取“三同时”执行合格率和单位 GDP 的排污费分别作为命令—控制型规制和市场激励型规制的指标。

从绿色技术创新水平的现状中可以看出, 绿色技术创新水平呈现区域分布的不均衡性, 与中国的经济发展现状相一致。地区经济发展水平也是不容忽视的影响因素。经济发展水平可以分为经济发展规模和产业结构。本文引入人均地区生产总值指标来表示地区经济发展规模, 来分析它对绿色技术创新水平的影响因素。工业比重较大也是我国产业结构的特点之一, 工业是污染排放量最大的行业, 也是最有可能发挥绿色创新技术最大效用的行业, 故本文采用工业比重来表征产业结构。

现有文献对于 R&D 的投入大多从经费和人员两个角度进行衡量。其中 R&D 人员是研发活动赖以进行的重要资源, 被看作是经济和竞争的关键因素, 同时从某一方面也可以反映一个国家或者地区的科技创新水平^[13]。本文选取各地区 R&D 人员数来衡量 R&D 投入对于绿色技术创新的影响。

技术外溢效应是外商直接投资(FDI)影响被投资国技术创新的重要方式^[14], 同时也带来了污染转移。

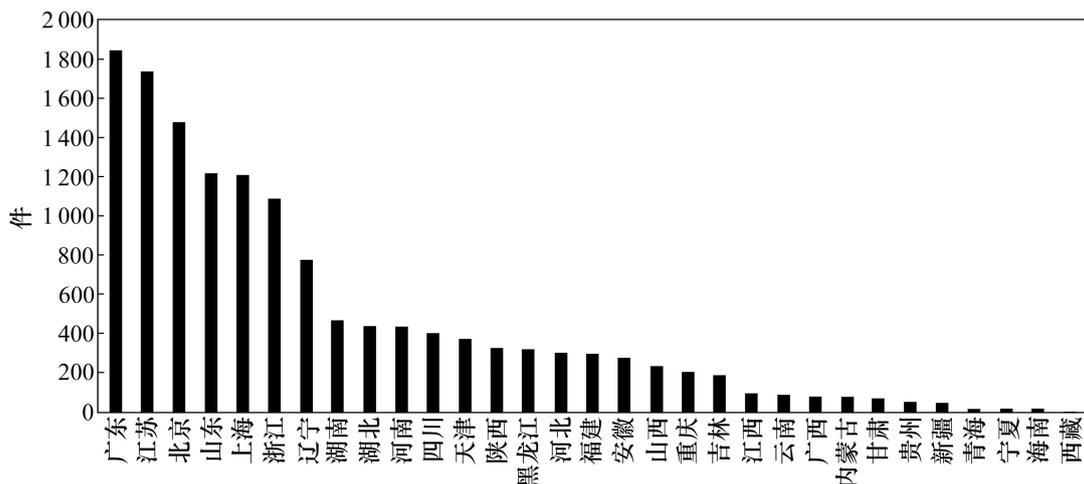


图 3 2009 年中国各地区绿色技术专利申请量

然而随着清洁发展机制的出现, FDI 也带来了国外先进的绿色技术。外商直接投资对于绿色技术创新带来的影响一直是学术界争论的热点。基于此, 本文选取人均外商直接投资额来表征外商投资因素。

(二) 模型构建

本文构造如下的面板数据模型来实证分析中国绿色技术创新水平的影响因素。为了消除异方差性, 本文对于部分变量进行了对数化处理:

$$PATENT_{it} = \beta_0 + \beta_1 CC_{it} + \beta_2 CP_{it} + \beta_3 \ln GDP_{it} + \beta_4 IS_{it} + \beta_5 \ln RD_{it} + \beta_6 \ln FDI_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中, $PATENT_{it}$ 表示人均绿色技术专利量; CC_{it} 、 CP_{it} 、 GDP_{it} 、 IS_{it} 、 RD_{it} 、 FDI_{it} 分别代表“三同时”合格率、单位 GDP 的排污费、人均地区生产总值、工业比重、R&D 人员数、人均外商投资额; ε_{it} 为随机误差项; $\beta_i (i=0, 1, \dots, 6)$ 表示各变量相关系数; i 表示中国 30 个省份; t 表示年份。

(三) 实证分析

本文运用 Eviews 6.0 对数据进行 Hausman 检验 (如表 1), 结果表明, 在 1% 的显著性水平下, 拒绝了随机效应模型, 故采用固定效应模型对上式进行回归, 实证结果如表 2。

表 1 Hausman 检验

截面为随机影响	Chi-Sq. 统计量	Chi-Sq. 自由度	P 值
	28.137 4	6	0.000 1

表 2 中国绿色技术影响因素回归结果

变量	系数	标准差	t 值	P 值
CC	2.89E-06	6.60E-06	0.438 0	0.661 9
CP	2.09E-07	8.99E-08	2.320 2	0.021 5
ln(GDP)	8.43E-06	2.88E-06	2.927 5	0.003 9
IS	-3.79E-05	6.70E-06	-5.652 5	0.000 0
ln(RD)	4.16E-06	2.35E-06	1.773 4	0.077 9
ln(FDI)	9.36E-07	1.75E-06	0.535 7	0.592 9
R^2	0.636 1			
观测值	210			

命令—控制型规制对绿色技术创新的影响作用并不明显, 而市场激励型规制对绿色技术有着显著的影响。从不同环境规制的特点来看, 命令—控制型规制的“技术强制性”往往使得被约束者不得使用高成本的污染控制手段以达到规定的污染控制标准。虽然这类规制手段有促进绿色技术创新的可能性, 但是“一

刀切”的排放标准对追求较低污染排放的技术创新刺激并不明显。从回归结果来看, 市场激励型规制可以有效提高企业的绿色技术创新水平。排污收费等政策工具考虑了企业的减排的成本, 利用市场力量有效的配置排污者的减排成本。从企业自身利益最大化的角度出发, 市场激励型规制可以持续激励企业进行绿色技术创新, 去进行最大限度的污染削减。这与众多学者的研究结果是相吻合的^[7-8]。

经济发展水平中经济规模对于绿色技术创新水平的提高有着显著的促进作用。地区人均 GDP 的回归系数通过了显著性检验, 表明发达地区的绿色技术创新水平明显高于经济较为落后的地区。经济发达的地区区位优势明显、资金实力雄厚、科研能力较强, 因此绿色技术创新水平也较高。在产业结构方面, 工业比重的增加未表现出对绿色技术创新水平的促进作用。

“十一五”期间, 尽管政府对于减排做了诸多努力, 但是环境保护计划指标仍没有完成。目前我国的工业生产对于非清洁能源如煤炭等依赖较大, 绿色环保技术在推行中也困难重重, 产业的优化升级需要付出巨大的成本和较长的时间, 并非一蹴而就。

R&D 人员投入对绿色技术创新水平有着显著的影响。从我国人力资源的分布来看, 经济越发达的地区集聚着越多的人才, 绿色技术创新的水平也越强, 这与绿色技术创新水平的分布特征相符合的。R&D 人员是进行技术创新必不可少的资源, 赵黎明等学者指出科技水平落后是中国绿色技术创新水平低于发达国家的重要因素^[15]。

FDI 对于中国的绿色技术创新的作用尚不明显。根据《中国外资统计》, 截止 2009 年, FDI 的资金中 50% 以上位于制造业。随着中国经济实力的增强, 有些学者已经发现外商投资会带来“污染转移”, 导致中国生态环境的恶化^[14]。然而随着《京都议定书》的生效和 CDM 项目的推广, 丰富了 FDI 对于中国的环境保护的意义。截止 2009 年 11 月, 中国注册的 CDM 项目居世界第一, 通过这些项目带来的资金和国外先进技术将会促进中国的绿色技术创新水平提高。

四、结论及政策启示

以上分析可见, 与命令控制型环境规制相比, 市场激励型的环境规制对于绿色技术创新水平的提高有更显著的作用, 地区经济发展规模的扩大也可以促进绿色技术创新, 但是工业比重却呈现一定负向影响, R&D 人员的投入与中国绿色技术创新水平呈现显著

的正相关, FDI 的投入对于绿色技术创新水平目前并没有明显作用。

依据上述结论, 本文提出以下的政策启示: 第一, 环境规制手段由命令—控制型规制为主逐渐转变为市场激励型规制为主, 综合运用这两类规制手段。第二, 大力发展地区经济, 加快产业结构优化升级。既要重视工业发展速度同时要注重工业发展质量, 推动传统工业的技术改进以及新型工业的技术推进。第三, 加大对绿色技术创新的投入。合理的研发人员投入是技术创新的保障。第四, 合理调整外商投资的产业导向, 积极推动 CDM 项目在中国的发展。在选择外商投资项目时, 不能以经济效应为选择的唯一标准, 要有目的的选择经济效益高、环境污染小的外商项目。同时采用适当的财政政策鼓励投资服务业、旅游业等第三产业。此外, 通过财政、法律等一系列相关政策, 正确引导和监管 CDM 项目的国际合作, 充分利用好 CDM 的机遇, 促进中国绿色技术创新进一步发展。

参考文献:

- [1] Braun E, Wield D. Regulation as a means for the social control of technology [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1994, 6(3): 259-272.
- [2] Kemp R, Arundel A. Survey indicators for environmental innovation [C]// Paper Presented to Conference Towards Environmental Innovation Systems in Garmish-Partenkirchen, 2002.
- [3] 戴鸿轶, 等. 对环境创新研究的一些评论[J]. *科学学研究*, 2009, 27(11): 1601-1610.
- [4] 中国社会科学院工业经济研究所课题组. 中国工业绿色转型研究[J]. *中国工业经济*, 2011, 4: 5-14.
- [5] Porter, M. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1995, 9: 97-118.
- [6] Brunnermeier S B, Cohen M A. Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2003, 45(2): 278-293.
- [7] Paul R P, Robert N S. *Public Policies for Environmental Protection* [M]. Washington, DC: Resources for the Future Press, 2002.
- [8] Kathuria V. Controlling water pollution in developing and transition countries-lessons from three successful cases [J]. *Journal of Environmental Management*, 2006(78): 405-426.
- [9] Unruh G. Understanding carbon lock-in [J]. *Energy Policy*, 2000, 28(12): 817-830.
- [10] 王国印, 王动. 波特假说、环境规制与企业技术创新——对中东东部地区的比较分析[J]. *中国软科学*, 2011(1): 100-112.
- [11] Marzal J, Tortajada-Esparza E. Innovation assessment in traditional industries: A proposal of aesthetic innovation indicators [J]. *Scientometrics*, 2007, 72(1): 33-57.
- [12] Victor V. A new EPO classification scheme for climate change mitigation technologies [J]. *World Patent Information*, 2012, 34(2): 106-111.
- [13] 胥悦红, 朱振晓. R&D 人力资源投入和配置对我国技术创新的影响研究[J]. *中国软科学*, 2009, S1: 74-82.
- [14] 张彦博, 郭亚军. FDI 的环境效应与我国引进外资的环境保护政策[J]. *中国人口·资源与环境*, 2009, 19(4): 7-12.
- [15] 赵黎明, 陈爽. 低碳经济体系研究[J]. *西北农林科技大学学报(社科版)*, 2012, 12(3): 34-37.

The Influencing Factors Analysis of Green Technological Innovation ——On the Basis of an Empirical Analysis of Patents in China

XU Xiaoyan, ZHAO Dingtao, HONG Jin

(School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: Base on discussing the current situation of green technological innovation in China, a group of provincial panel data from the year of 2003 to 2009 is used to regress to study the potential influence factors of green technological innovation. The authors arrived at the conclusions as follows: the market-based environment regulation tool plays a more important role in promoting green technological innovation than the command-control tool; local economic scale improves the innovation level of green technology while the industrial proportion of GDP exerts some negative effect; the R&D input is advantageous for green technological innovation; foreign direct investment (FDI) has no significant effect. Finally, some policies are provided.

Key Words: green technological innovation; influencing factors; patent analysis; environment regulation; economic development; R&D input; foreign direct investment

[编辑: 汪晓]