

# 环境规制对长江经济带绿色专利产出的影响研究 ——基于知识产权保护调节效应

曾 莉,周 璇,栗 倩

(重庆理工大学 重庆知识产权学院,重庆 400054)

**摘要:**环境规制对绿色专利产出的影响研究已成为学术研究的热点,该影响过程中存在的双重外部性问题需借助环境规制与知识产权保护合力解决,将环境规制、绿色专利与知识产权保护纳入统一分析框架,对探寻有效解决环境问题之道意义重大。本文采用2010—2021年长江经济带11省份数据,在考察环境规制对绿色专利产出的影响的基础上,进一步分析了知识产权保护的调节效应。研究发现:(1)环境规制对绿色专利产出数量的影响存在U型关系。(2)环境规制对绿色专利产出质量呈现出复杂的非线性特征,跨越U型关系的拐点后,其能够有效促进绿色专利产出质量提升。(3)知识产权保护在环境规制影响绿色专利产出数量与质量过程中均起到了显著的正向调节作用。这弥补了环境规制对绿色专利产出影响研究领域的理论研究不足,对平衡长江经济带环境保护与经济发展提供了实践启示。

**关键词:**环境规制;绿色专利;知识产权保护;调节效应

中图分类号:F204;F124.3;X321

文献标识码:A

文章编号:1000-2995(2026)03-009-0137

## 0 引言

2020年9月,习近平主席在第75届联合国大会上提出了我国的“双碳”战略目标,即力争在2030年前实现“碳达峰”、2060年之前实现“碳中和”。为实现“双碳”目标,改善因经济增长带来的严重污染问题,政府出台了包括污染处罚在内的一系列环境规制政策,但环境规制在促进环境保护的同时,也对经济发展产生了一定影响。推动绿色专利发展是解决环境保护与经济发展冲突的有效方式,环境规制如何影响绿色专利产出,影响过程中是否有其他因素在发挥作用,受到了广泛关注。现有研究中,学者有关环境规制对绿色专利产出影响的研究尚显不足,且多聚焦于从绿色专利产出数量视角研究绿色专利产出,鲜见对绿色专利产出质量的探讨;且由于环境规制影响绿色专利产出的过程中存在双重外部性,使得知识产权保护成为促进绿色专利产出的重要因素,但目前知识产权保护能够发挥何种调节效应尚未得到学界足够重视,对知识产权

保护在影响过程中所起作用也缺乏系统性研究。由此,基于环境规制、绿色专利产出与知识产权保护的整体研究视角,以我国建设生态文明、创新经济重要先行区的长江经济带为研究对象,分析环境规制对绿色专利产出的影响,进而研究知识产权保护在影响过程中的调节效应,探索依托环境规制与知识产权保护协同方式推动绿色技术创新,具有极强的理论价值和实践意义。

目前关于环境规制对绿色专利产出影响的研究,主要的研究结论包括“促进说”“抑制说”与“关系不确定说”。“波特假说”认为环境规制对创新产出具有正向的促进作用。Jaffe和Palmer<sup>[1]</sup>利用美国制造业的相关数据,得出了环境规制显著促进美国制造业的专利授权量增加的结论。Chakraborty和Chatterjee<sup>[2]</sup>的研究则显示适度的环境规制可以倒逼企业引进绿色生产技术,据此提升企业的自主创新能力。王薇等<sup>[3]</sup>从碳排放角度,研究发现碳排放权交易政策实施对政策试点地区制造业企业的绿色创新质量水平有显著的提升作用,对绿色发明专利申请的促进效果尤为明显。张彧泽<sup>[4]</sup>将绿色专利分为新能源、常规

收稿日期:2024-03-06;修回日期:2025-02-06。

基金项目:重庆市教委人文社会科学研究项目:“产学研协同创新的高校专利转化机制研究”(16SKGH145);重庆理工大学研究生教育高质量发展项目:“基于产学研协同的知识产权管理专业研究生培养模式研究”(gzljg2023206)。

作者简介:曾莉(1975—),女(汉),四川成都人,重庆理工大学副教授,研究方向:知识产权管理。

周璇(1999—),女(汉),浙江丽水人,重庆理工大学硕士研究生,研究方向:科技创新与知识产权管理。

栗倩(1999—),女(汉),河南信阳人,重庆理工大学硕士研究生,研究方向:科技创新与知识产权管理。

通信作者:曾莉,E-mail:zengli\_jlu@126.com

能源能效提高、末端治理三种类型,研究发现环境规制对绿色专利具有促进作用。但新古典经济学理论对此持否定的态度,认为环境规制会使得相关主体将有限的资源更多地投入到污染治理上,研发投入被挤压导致专利产出下降。Shi 和 Xu<sup>[5]</sup>的研究发现环境规制政策的实施显著降低了企业进行自主创新的动力和创新投入。刘志铭等<sup>[6]</sup>以制造业上市公司的绿色专利申请数量为衡量指标,发现政府环境目标会通过企业利润减少与固定资产投资增加这两种方式抑制绿色技术创新。随着学者有关环境规制对绿色专利产出影响的研究深入,部分学者研究发现环境规制对专利产出实际上是一种非线性的关系。Rogge 等<sup>[7]</sup>的研究认为环境规制与自主创新之间呈现倒 U 型曲线关系。沈能和刘凤朝<sup>[8]</sup>的研究结果表明环境规制强度与授权发明专利之间存在着“U”型关系。游达明和李琳娜<sup>[9]</sup>以绿色专利为衡量指标,发现环境规制强度与绿色技术创新之间呈“倒 U 型”关系。相关领域的研究并未达成相对统一的结论,大多数学者将绿色专利作为测量指标分析环境规制对绿色技术创新的影响,以绿色专利产出为直接研究对象的研究较为零散;此外,学者关注从绿色专利产出数量入手研究绿色专利产出,未将绿色专利产出质量纳入考量,这在一定程度上限制了研究成果对于推动经济高质量发展的实践意义。因此,有必要引入绿色专利产出质量这一维度,从数量和质量两个视角深入探讨环境规制对绿色专利产出的影响及其内在关系,以丰富现有研究成果。

在环境规制影响绿色专利产出过程中还存在着双重外部性,即环境污染的负外部性与知识溢出的正外部性。申请绿色专利意味着隐藏在技术中的新知识会被公众所熟知,若没有相应制度来保护发明申请人的私权利,将难以支撑其继续创新。而知识产权是促进技术发展、保护创新的制度典范。部分学者从博弈理论、门槛效应、对偶理论等视角出发,将知识产权保护纳入环境规制影响绿色专利产出的研究中,试图分析知识产权保护在二者关系中起到何种作用。如 Yang 等<sup>[10]</sup>基于对偶理论,通过实证检验得出环境规制对区域绿色创新绩效有正向影响,但知识产权保护对其具有负向影响。林玲等<sup>[11]</sup>的研究发现环境规制对大气科技发明专利数的影响随着知识产权保护强度超过一定阈值,呈现出由负向抑制到正向促进作用的变化。孙冰等<sup>[12]</sup>发现环境规制对环境友好型技术创新的影响,存在以知识产权保护强度为门槛的双重门槛效应。卞晨等<sup>[13]</sup>基于政府干预的演化博弈视角,得出在考虑知识产权保护的情境中,加强知识产权保护能够增强激励型环境规制政策促进企业绿色技术创新实施效果的结论。但该领域对知识产权保护如何影响环境规制与绿色专利产出的系统研究尚不深入。

纵观现有文献,发现前述研究存在的不足之处在于:一是现阶段针对环境规制对绿色专利产出影响的研究,虽得出了三种主要的研究结论,但尚未形成共识,且直接涉及绿色专利产出的研究较为零散。二是现有涉及“环境

规制与绿色专利产出”的文献,多倾向于从绿色专利产出数量视角分析环境规制对绿色专利产出的影响,欠缺从绿色专利产出质量视角进行的考察,这样的笼统研究可能得出不准确的研究结果。三是尽管近年来有学者试图将知识产权保护纳入系统研究,关注知识产权保护在环境规制对绿色专利产出影响过程中所起的作用,以完善原有单一研究环境规制对绿色专利产出影响时存在的研究不足,但研究成果较少,有关知识产权保护调节机制的研究还不系统。

因此,本文从环境规制、绿色专利产出与知识产权保护的整体研究视角出发,研究环境规制对长江经济带 11 省市绿色专利产出数量与质量的影响,厘清环境规制与绿色专利产出二者之间的内在关系;在此基础上,将知识产权保护纳入分析中,探讨其对环境规制与绿色专利产出的调节效应,以推进将环境规制、绿色专利产出与知识产权保护作为统一分析框架的理论研究。

## 1 研究设计

### 1.1 研究假设

#### 1.1.1 环境规制与绿色专利产出

环境规制在治理环境污染,弥补市场失灵的同时,会对相关主体的绿色专利产出产生影响。这种影响是环境规制影响绿色专利产出的两种效应共同作用的结果,即负向的“遵循成本效应”与正向的“创新激励效应”,这两种效应的作用强度也决定了环境规制对绿色专利产出的影响的正负性。绿色专利产出数量与质量反映了两个不同层面的问题:绿色专利产出数量的增加,通常被视为是该地区创新规模扩大的标志,而绿色专利产出质量的提升则反映了该地区创新水平的提高。相应的,绿色专利产出数量的增加有助于扩大技术规模,而绿色专利产出质量的提升则能提高技术水平。基于此,本文专注于从绿色专利产出数量和质量两个视角深入分析环境规制对绿色专利产出的影响,并剖析其内在关系。

#### 1.1.1.1 环境规制与绿色专利产出数量

绿色专利产出数量在较长时间内被大量用于探究环境规制对绿色专利产出的研究中。从以往研究中发现,由于环境规制征收排污费等措施的实施,相关主体被迫加大污染治理成本,在挤占了用于技术研发的资金的同时,不得不购买更为先进的生产设备与污染处理设备,采用更为先进的管理手段等。由于当期投入减少,技术研发能力很难有提升的空间,绿色专利产出数量也随之减少。但随着环境规制强度提升,一方面,政策迫使相关主体更新与改革生产设备与方式,通过绿色技术创新的方式改善自身面临的环保问题,在绿色技术迭代中促进了绿色专利产出数量的增多。另一方面,经过时间调整,相关主体受到的环境处罚减少,而迭代产出绿色专利带来的垄断利润弥补了研发成本,促进了技术创新再循环,促使绿色创新水平提高,进而提升了区域整体的绿色专利产出数量。

### 1.1.1.2 环境规制与绿色专利产出质量

绿色专利质量相较于绿色专利数量,是一个较长时间段内被学者忽视的用于衡量绿色专利的指标。其由于衡量方式等不同,对其产生影响的因素也略有不同。专利质量<sup>①</sup>可以划分为专利技术质量和专利商业质量。从绿色专利技术质量角度而言,其更多取决于专利本身,如发明人数、引证专利数、技术宽度等,这种专利技术质量上的提升需要较长时间的投入与创新。环境规制在短期内导致了创新主体研发人员与资金等投入的减少,不利于技术的发展与完善,从而使得产出的绿色专利的技术含量不高。但环境规制强度在长期发展后得到提升,促进了创新主体寻求更为优越的技术创新方案,促使其追求绿色技术的升级迭代,奠定了长久创新的基础,满足了绿色专利技术需要长期创新投入的需求,促进了技术质量的提升。从绿色专利商业质量角度而言,商业价值需要通过市场来衡量,环境规制促使创新主体,尤其是重视专利核心竞争力的企业对绿色技术的需求提升,各创新主体对绿色专利的追求增多,绿色专利产生的市场价值提升,促进了专利商业价值的提升。综上所述,本文提出如下假设:

H1:环境规制对绿色专利产出数量影响呈正“U”型。

H2:环境规制对绿色专利产出质量影响呈正“U”型。

### 1.1.2 知识产权保护调节效应分析

环境规制对绿色专利产出存在双重外部性,即环境污染的负外部性与技术创新的正外部性。前者需借助政府实施环境规制等政策干预以减少污染排放,后者需借助知识产权保护制度以激励技术创新。因此,为实现平衡环境保护与经济增长的目标,既需要考虑约束性的环境规制,也需要考虑激励性的知识产权保护,实现有效地提升绿色专利产出。

一方面,知识产权保护减弱了环境规制对绿色专利产出的“遵循成本效应”。相关主体为满足环保要求将倾向于进行污染治理,使得其治理污染的成本增加,剩余的资金与人力会更多地投入预期收益较高的活动中以达到利润最大化,最终使得绿色创新活动所需的投入被压缩。而知识产权保护通过有效扩大相关主体研发经费来源等方式,增加了创新投入,降低了相关主体因创新需求时间久而入不敷出的风险。知识产权保护能够保证专利的技术垄断带来的经济效益,可以有效弥补创新主体在研发绿色专利的过程中被挤占的创新投入,在一定程度上缓和了环境规制带来的“遵循成本效应”,从而刺激区域绿色专利的产出。

另一方面,知识产权保护增强了环境规制对绿色专利产出的“创新激励效应”。知识产权保护作为鼓励创新的重要制度,在一定程度上减少了信息的不对称,有效保障

绿色技术的知识溢出,使相关主体能够获得绿色专利带来的垄断利润,通过良好的知识产权制度保护绿色专利,鼓励受到环境规制影响的相关主体通过提升迭代绿色技术创新能力,进行绿色创新,促进区域绿色专利产出的增加。综上所述,本文提出以下假设:

H3:在其他条件不变的情况下,知识产权保护在环境规制对绿色专利产出的过程中存在显著的调节作用。

### 1.2 模型设计

考虑到研究个体的差异性以及处理面板数据时不同估计方法的差异,本文采用双向固定效应模型来检验环境规制对长江经济带绿色专利产出的影响。为检验环境规制与长江经济带绿色专利产出间的关系,本文引入了环境规制的二次项,构建了模型(1)至(4),以检验假设1和2是否成立。

$$\ln GPE_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 CEI_{i,t-1} + \sum \alpha_m Control_{mi,t} + \varepsilon_{it} + \mu_i + \nu_t \quad (1)$$

$$\ln GPE_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 CEI_{i,t-1} + \alpha_2 (CEI_{i,t-1})^2 + \sum \alpha_m Control_{mi,t} + \varepsilon_{it} + \mu_i + \nu_t \quad (2)$$

$$GPQ_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 CEI_{i,t-1} + \sum \beta_n Control_{ni,t} + \varepsilon_{it} + \mu_i + \nu_t \quad (3)$$

$$GPQ_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 CEI_{i,t-1} + \beta_2 (CEI_{i,t-1})^2 + \sum \beta_n Control_{ni,t} + \varepsilon_{it} + \mu_i + \nu_t \quad (4)$$

其中, $i$ 表示地区, $t$ 表示时间, $\ln GPE_{i,t}$ 与 $GPQ_{i,t}$ 分别表示 $i$ 地区在第 $t$ 年的绿色专利产出数量与质量,考虑到环境规制对区域绿色专利产出的作用存在着时间上的滞后性,故采用环境规制的滞后一期, $CEI_{i,t-1}$ 表示滞后1期的环境规制, $IPPI_{i,t-1}$ 表示滞后1期的知识产权保护水平。 $Control$ 表示一系列控制变量, $\varepsilon_{it}$ 为随机干扰项, $\mu_i$ 为个体固定效应, $\nu_t$ 为时间固定效应。

为检验假设3,本文将交互项引入并关注其系数情况,并将对U型关系的调节效应检验纳入研究中。参考Hanns等<sup>[14]</sup>的研究,将 $CEI^2 * IPPI$ 引入,检验知识产权保护的调节作用,对主要变量进行中心化处理,构建模型(5)至(8)。

$$\ln GPE_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 CEI_{i,t-1} + \alpha_2 IPPI_{i,t-1} + \alpha_3 CEI_{i,t-1} \times IPPI_{i,t-1} + \sum \alpha_m Control_{mi,t} + \varepsilon_{it} + \mu_i + \nu_t \quad (5)$$

$$\ln GPE_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 CEI_{i,t-1} + \alpha_2 IPPI_{i,t-1} + \alpha_3 CEI_{i,t-1} \times IPPI_{i,t-1} + \alpha_4 (CEI_{i,t-1})^2 + \alpha_5 (CEI_{i,t-1})^2 \times IPPI_{i,t-1} + \sum \alpha_m Control_{mi,t} + \varepsilon_{it} + \mu_i + \nu_t \quad (6)$$

$$GPQ_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 CEI_{i,t-1} + \beta_2 IPPI_{i,t-1} + \beta_3 CEI_{i,t-1} \times IPPI_{i,t-1} + \sum \beta_n Control_{ni,t} + \varepsilon_{it} + \mu_i + \nu_t \quad (7)$$

注:①目前对专利质量的界定尚无统一的结论,但从技术、法律与经济三个维度评价专利质量,已基本形成学界共识。从这三类评价维度可将专利质量划分为经济质量、技术质量与法律质量。其中,法律质量被认为是狭义上的专利质量,指专利申请文书通过了法律审查与确权程序,该专利就具有了法律质量。本文研究的绿色专利是针对已通过法律确权程序,获得法律授权的专利。因此,在探讨环境规制对绿色专利产出质量的影响过程中,仅从绿色专利的技术质量与经济质量两个维度进行分析。

$$GPQ_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 CEI_{i,t-1} + \beta_2 IPPI_{i,t-1} + \beta_3 CEI_{i,t-1} \times IPPI_{i,t-1} + \beta_4 (CEI_{i,t-1})^2 + \beta_5 (CEI_{i,t-1})^2 \times IPPI_{i,t-1} + \sum \beta_n Control_{mi,t} + \varepsilon_{i,t} + \mu_i + \nu_t \quad (8)$$

### 1.3 变量选择

#### 1.3.1 被解释变量

(1)绿色专利产出数量。绿色专利是以绿色技术为发明主题的发明、实用新型和外观设计专利<sup>[15]</sup>。相较于其他专利类型,发明专利授权数能够更好地反映技术创新能力。因此,通过国际绿色专利分类清单发布的分类号,检索 AD=[20080101 TO 20211231]内的绿色专利,采用绿色发明专利授权数表示一个地区的实际专利产出数量。

(2)绿色专利产出质量。相较于绿色专利数量,衡量绿色专利质量较为困难,目前也尚未形成统一的衡量方式。现有衡量方式主要包括构建衡量专利质量的多指标综合评价体系,专利引证率与转化率,专利维持年限,专利质量指数模型,构建专利知识宽度指标等。本文借鉴席强敏等<sup>[16]</sup>的方法,通过构建绿色专利知识宽度的方式来反映绿色专利的质量。绿色专利 IPC 分类号中包含“部-大类-小类-大组-小组”信息,一个专利包含的“大组”种类越多,表明该专利跨越的技术领域越多,涵盖的技术要点越多,范围越大,质量越高。因此,采取大组层面赫芬达尔-赫希曼指数的逻辑思路,以  $wide = 1 - \sum \alpha^2$  作为衡量绿色专利知识宽度的计算方法,其中  $\alpha$  表示绿色专利分类号中各大组分类所占比重。知识宽度越大,绿色专利质量越高。

#### 1.3.2 解释变量

环境规制。在低碳背景下,碳排放指标相较于其他衡量方式能够更好地反映出一个地区的环境规制强度。本文根据 IPCC 提供的碳排放量计算方法,能源消耗选用原煤、焦炭、原油、汽油、柴油、燃料油、天然气、煤油、液化石油气,通过化石能源消耗量与排放系数乘积的总和,得出区域的碳排放量。采用碳效率,即碳排放量与 GDP 的比值来表示某区域的环境规制强度。

#### 1.3.3 调节变量

知识产权保护强度。国外学者通过采用 GP 指数<sup>①</sup>来衡量知识产权保护强度,但由于 GP 指数存在局限性<sup>②</sup>,在我国适用性不强,国内学者基于国情对该指标进行了改

良。其中,国家知识产权局发布的《中国知识产权发展评价报告》,从司法保护、行政保护和协同保护三个一级指标出发,构建了包含公检法审查案件数、行政执法与裁决数、知识产权纠纷仲裁调解数和公众满意度等多个二级指标在内的评价体系,通过更为严谨全面地衡量标准测量知识产权保护水平,以实现对各省份知识产权保护强度的准确把握。因此,本文采用该报告中发布的知识产权指数作为调节变量。

#### 1.3.4 控制变量

通过总结现有文献的相关研究,选定对外开放程度、居民消费水平、教育水平、研发资本的投入、财政生态环保支出、科技人力的投入、企业规模、产业结构和技术市场活跃度作为控制变量。

#### 1.4 样本选择与数据来源

世界知识产权组织于 2010 年发布了国际绿色专利分类清单,为保证数据的平稳性,本文以 2010—2021 年长江经济带 11 省份面板数据为样本。根据上述变量选择,数据来源于 Incopat 专利数据库、国家知识产权局、《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》及长江经济带各地区统计年鉴等,部分缺失数据由插值法得出。为消除异方差影响,减少数据的波动,对绝对值变量进行对数处理。

最终本文收集整理的样本量为 132。其中,绿色专利产出数量数据均值为 5.819,标准误差为 1.321;绿色专利产出质量数据均值为 0.679,标准误差为 0.064。这表明不同省份之间的绿色专利授权数差异大,质量差异较大,绿色创新水平发展不平衡。而知识产权保护指数均值为 0.696,标准误差较小,说明 11 省份之间的知识产权保护强度近年来差距较小。碳排放效率标准误差大,表明虽然环境问题受到重视,但各省份情况不一,环境规制强度差距较大。

## 2 实证分析

### 2.1 实证检验结果

#### 2.1.1 基准回归结果

采用双向固定效应模型检验环境规制对长江经济带绿色专利产出的影响,基准回归结果如表 1 所示。

注:① GP 指数指知识产权保护水平指数;Ginarte 与 Park 通过对专利法的考察,基于国家层面数据构建指标体系计算了 120 个国家的知识产权保护强度。其构建的衡量体系包含 5 个一级指标:覆盖范围、国际专利协定的成员资格、失去保护的规定、执行机制、保护期限,除保护期限外每个一级指标下设若干个二级指标,通过用不赋权的方法将各项指标分数直接相加得出一国知识产权保护强度指数。

② GP 指数存在的局限性在于,其采用的指标旨在从国家宏观层面衡量其是否制定了相关知识产权保护的法律制度,但该指标主要运用于国家间比较研究,难以从微观层面衡量该制度在一国内部具体运行过程中产生的实际效果。在我国,法律运行包括立法、执法、司法、守法等环节,仅从国家有无相关立法的宏观层面衡量知识产权保护强度难以从微观层面全面考察我国各省份知识产权保护发展水平。因此,国内学者对 GP 指数进行改良,从司法保护、行政保护等方面补充完善该指标体系,以全面有效衡量各省份的知识产权保护强度。

表1 基准回归结果

Table 1 Benchmark regression results

因变量	模型一	模型二	模型三	模型四
	<i>Ingpe</i>	<i>Ingpe</i>	<i>gpq</i>	<i>gpq</i>
<i>cei</i>	-0.141 ** (0.054)	-0.652 *** (0.124)	-0.074 *** (0.027)	-0.184 *** (0.067)
<i>cei</i> <sup>2</sup>		0.398 *** (0.089)		0.085 * (0.048)
<i>Inhcl</i>	0.275 *** (0.067)	0.209 *** (0.072)	-0.047 (0.036)	-0.032 (0.036)
<i>Inrdi</i>	0.188 (0.140)	0.184 (0.155)	-0.106 (0.077)	-0.105 (0.076)
<i>Intmt</i>	0.097 *** (0.034)	0.077 ** (0.037)	0.011 (0.019)	0.015 (0.018)
<i>Inepe</i>	0.007 (0.035)	0.003 (0.038)	-0.075 *** (0.019)	-0.074 *** (0.019)
<i>Inrdl</i>	-0.090 (0.075)	-0.038 (0.081)	0.062 (0.040)	0.051 (0.040)
<i>Inrde</i>	0.018 (0.048)	0.027 (0.053)	-0.016 (0.026)	-0.018 (0.026)
<i>Inel</i>	-0.093 (0.089)	-0.249 *** (0.091)	-0.144 *** (0.045)	-0.111 ** (0.049)
<i>is</i>	-0.006 (0.010)	0.001 (0.011)	-0.004 (0.006)	-0.005 (0.006)
<i>open</i>	0.037 (0.032)	0.029 (0.035)	-0.029* (0.017)	-0.027 (0.017)
<i>cons</i>	-0.727 *** (0.120)	-0.665 *** (0.131)	0.907 *** (0.124)	0.934 *** (0.124)
<i>N</i>	121	121	121	121
<i>id</i>	是	是	是	是
<i>year</i>	是	是	是	是

注:①\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在10%、5%、1%水平上显著。

②括号内的数值为标准误。

表1中模型一与二表示因变量为绿色专利数量,回归结果显示未加入二次项时,环境规制显著为负。加入二次项后,环境规制的一次项 *cei* 系数为-0.652,显著为负,二次项 *cei*<sup>2</sup> 系数为0.398,在1%水平上显著为正。Utest 检验结果显示极值点0.747在数据范围内,拒绝“U型关系不存在”的原假设,此时假设1得到了验证。表明短期内环境规制会对创新主体的绿色专利产出数量造成负向的影响。一方面,企业的创新投入资金被环境保护支出挤压,另一方面,来自社会的环保压力导致原有技术不得不进行迭代,造成原本的生产设备等被淘汰。但是随着环境规制强度的提升,环境规制使得企业走向了一条寻求绿色发展的道路,促使其为追求更大利润而注重绿色创新。绿色技术的迭代使得专利收入一定程度上弥补了挤压的成本,这种正向循环促进了企业增大绿色专利的产出。在众多因素的影响下,环境规制对区域绿色专利产出数量呈现

出一种U型关系。

表1中模型三与四表示因变量为绿色专利质量时,未加入二次项时,环境规制的系数为-0.074,显著为负。在加入二次项后,环境规制的一次项 *cei* 系数为-0.184,在1%水平上显著,二次项 *cei*<sup>2</sup> 系数为0.085,显著为正。Utest 检验结果显示极值点1.074在数据范围内,所以拒绝“U型关系不存在”的原假设,假设2得到了验证。说明绿色专利产出质量对专利本身要求较高,环境规制带来的“遵循成本效应”对创新主体,尤其是企业的研发投入带来了较大压力,投入的减少与环境治理支出的增多,难以适应绿色专利前期的开发与技术需求。从长期来看,随着环境规制强度的提升,因难以创新导致无法适应环保要求的企业会被淘汰。剩余企业能够在适应环境规制的同时,有积累的资金投入到技术突破性强,预期利润大的绿色专利开发中,建立合作网络,注重绿色技术迭代升级,提升绿色专利技术质量。此外,绿色技术研发带来的利润收益能够弥补先前多出的环保支出,并且能够为绿色专利的持续产出提供研发资金与技术支持,促进了区域整体绿色专利质量的提升。

### 2.1.2 调节效应回归结果

通过双向固定效应模型检验知识产权保护在环境规制对绿色专利产出影响过程中的调节效应,模型回归结果如表2所示。

表2 知识产权保护调节效应检验

Table 2 Moderating effect test results of intellectual property protection

因变量	模型五	模型六	模型七	模型八
	<i>Ingpe</i>	<i>Ingpe</i>	<i>gpq</i>	<i>gpq</i>
<i>cei</i>	0.085 (0.052)	0.037 (0.071)	-0.046 (0.028)	-0.076 ** (0.034)
<i>cei</i> <sup>2</sup>		0.036 (0.040)		0.021 (0.013)
<i>ippi</i>	0.230 *** (0.054)	0.140 *** (0.048)	0.015 (0.019)	0.009 (0.020)
<i>cei * ippi</i>	0.066 ** (0.027)	0.034 (0.031)	0.037 *** (0.012)	0.030 ** (0.013)
<i>cei</i> <sup>2</sup> * <i>ippi</i>		-0.060 (0.040)		0.012 (0.011)
<i>Inhcl</i>	0.016 (0.115)	0.053 (0.073)	-0.050 (0.034)	-0.027 (0.037)
<i>Inrdi</i>	0.241 (0.159)	0.306* (0.168)	-0.051 (0.077)	-0.045 (0.077)
<i>Intmt</i>	0.179 *** (0.060)	0.200 *** (0.062)	0.003 (0.018)	0.004 (0.018)
<i>Inepe</i>	0.284 *** (0.051)	0.243 *** (0.051)	-0.068 *** (0.019)	-0.067 *** (0.019)
<i>Inrdl</i>	-0.021 (0.107)	-0.031 (0.129)	0.038 (0.040)	0.011 (0.045)

续表 2

因变量	模型五	模型六	模型七	模型八
	<i>Ingpe</i>	<i>Ingpe</i>	<i>gpq</i>	<i>gpq</i>
<i>lnrde</i>	0.133 <sup>*</sup> (0.078)	0.193 <sup>**</sup> (0.081)	0.010 (0.029)	0.007 (0.029)
<i>lnel</i>	-0.064 (0.068)	-0.057 (0.063)	-0.065 (0.052)	-0.052 (0.053)
<i>is</i>	-0.002 (0.021)	0.023 (0.024)	-0.007 (0.006)	-0.010 <sup>*</sup> (0.006)
<i>open</i>	0.033 (0.061)	0.042 (0.052)	-0.012 (0.018)	-0.010 (0.018)
<i>_cons</i>	0.029 (0.114)	0.047 <sup>**</sup> (0.023)	1.019 <sup>***</sup> (0.130)	1.008 <sup>***</sup> (0.131)
<i>N</i>	121	121	121	121
<i>id</i>	是	是	是	是
<i>year</i>	是	是	是	是

注:①\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著。  
②括号内的数值为标准误。

表 2 中模型五与模型六表示因变量为绿色专利数量时,知识产权保护所起的调节效应。模型五中交互项 *cei \* ippi* 的系数为 0.066,显著为正;模型六将二次项 *cei*<sup>2</sup> 与二次项交互项引入,其一次项交互项与二次交互项均未通过显著性检验,说明知识产权保护作为调节变量,在环境规制影响绿色专利产出数量的过程中起到了线性的正向调节作用,不具备非线性调节作用。模型七与模型八表示因变量为绿色专利质量,模型七一次交互项 *cei \* ippi* 系数为 0.037,显著为正。模型八将二次项纳入,其二次交互项为 0.012,未通过显著性检验,说明知识产权保护在环境规制对绿色专利产出质量的影响过程中起到正向调节作用,这种调节作用是线性的,其不具备非线性的调节作用。

从回归结果中可以发现,知识产权保护与环境规制的交互项对绿色专利产出数量与质量具有显著正向影响。知识产权保护的存在强化了环境规制对区域内企业的绿色技术创新意识,对环境规制与绿色专利产出间存在的 U 型关系产生了影响。对于绿色专利产出数量而言,企业专利保护意识更强,受到环境规制政策的引导,会更注重研发能够兼顾环境保护与经济绿色的绿色技术。同时,在整体较好的创新保护环境,企业会积极地将研发的技术申请为绿色专利,以获取更大的保护收益,从而推动了地区绿色专利产出数量增多。对于绿色专利质量而言,环境规制会影响地区内企业的研发投入,从而影响绿色专利产出的质量。知识产权保护力度强的地区,影响专利质量的外界因素,如法律因素、市场因素、专利政策等相对完善。完

备的外部因素,使得企业在面对环境规制的压力时,仍可以有足够的资金投入研发,并且能够利用专利保护机制,使得已经授权的绿色专利能尽快实现盈利,形成良性循环,推动地区整体绿色专利质量的提升。

## 2.2 稳健性检验

### 2.2.1 内生性检验

内生性的问题会导致回归结果发生偏误,有必要通过工具变量法进行内生性检验。将环境规制滞后 2 阶项作为工具变量,以 *Kleibergen - Paap rk LM* 统计量为工具变量识别不足检验,以 *Cragg - Donald Wald F* 统计为弱工具变量检验。结果表明,在考虑内生性的情况下,检验结果与基准回归结果相一致,同时 *LM* 检验和 *F* 检验均表明本研究选取的工具变量合理,不存在工具变量识别不足或工具变量弱识别的问题<sup>①</sup>。

### 2.2.2 缩短样本周期

为了检验前文结果的稳定性,本文通过缩短时间区间的方式减少样本量进行稳健性检验。国家知识产权局于 2018 年发布了《中国绿色专利统计报告(2014—2017 年)》,系统整理与汇报了我国在绿色专利领域的相关工作。参考该报告统计时间起始于 2014 年,考虑到知识产权保护与环境规制等政策实施存在滞后性,将研究时间区间调整为 2012—2021 年进行稳健性检验。实证结果显示,环境规制对长江经济带绿色专利产出数量与质量的影响呈现 U 型关系,知识产权保护在影响过程中起到正向调节作用,与前文的基准回归结果一致,表明原模型检验结果稳健<sup>②</sup>。

### 2.2.3 更换变量衡量方式

前文论述表明,衡量绿色专利质量除采用知识宽度法之外,还存在构建衡量专利质量的指标体系、采用专利被引次数等方式。其中,绿色专利被引用次数揭示了专利的技术影响力和知识流动,高被引专利往往代表了技术上的突破或创新,得到了广泛的认可和应用。可见,绿色专利被引用次数集中反映了绿色专利质量。因此,为检验前文研究结果的稳定性,本文进一步采用更换衡量变量的方式进行稳健性检验,以绿色专利被引用次数衡量绿色专利质量。其实证结果如表 3 所示。从表 3 可以发现,未加入二次项时,*cei* 的系数未能通过显著性检验;在加入二次项后,一次项与二次项系数均显著为正,表明环境规制对绿色专利产出质量呈现 U 型关系。交互项 *cei \* ippi* 的系数显著为正,将二次项与二次项交互项引入后,其均未通过显著性检验,表明知识产权保护在环境规制对绿色专利产出数量与质量的影响中均起到了正向的调节作用。该实证分析结果与前文的基准回归结果一致,表明原模型检验结果稳健。

注:① 内生性检验结果因篇幅原因,表格暂未展示,见增强出版附录。

② 缩短样本周期的检验结果因篇幅原因,表格暂未展示,见增强出版附录。

表3 更换变量衡量方式

Table 3 Measurement methods by replacing variables

因变量	模型一 <i>Ingpe</i>	模型二 <i>Ingpe</i>	模型三 <i>gpq_1</i>	模型四 <i>gpq_1</i>	模型五 <i>Ingpe</i>	模型六 <i>Ingpe</i>	模型七 <i>gpq_1</i>	模型八 <i>gpq_1</i>
<i>cei</i>	-0.141 ** (0.054)	-0.652 *** (0.124)	-0.087 (0.105)	-0.671 *** (0.256)	0.085 (0.052)	0.037 (0.071)	-0.071 (0.094)	-0.206 (0.137)
<i>cei</i> <sup>2</sup>		0.398 *** (0.089)		0.456 *** (0.183)		0.036 (0.040)		0.086 * (0.051)
<i>ippi</i>					0.230 *** (0.054)	0.140 *** (0.048)	0.415 *** (0.085)	0.004 (0.078)
<i>cei * ippi</i>					0.066 ** (0.027)	0.034 (0.031)	0.105 ** (0.052)	0.040 (0.052)
<i>cei</i> <sup>2</sup> * <i>ippi</i>						-0.060 (0.040)		-0.014 (0.044)
<i>N</i>	121	121	121	121	121	121	121	121
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>id</i>	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>year</i>	是	是	是	是	是	是	是	是

### 3 主要研究结论及政策启示

#### 3.1 研究结论

本文聚焦于环境规制与知识产权保护对绿色专利产出影响的研究,基于2010—2021年长江经济带11省份的面板数据,结合理论分析与实证检验,探索环境规制对长江经济带绿色专利产出的影响,以及知识产权保护在两者间起到的调节效应。研究拓展了该领域的研究视角,弥补了现有研究中欠缺将三者纳入统一分析框架、研究三者间关系的理论不足。主要研究结论如下:

(1)环境规制对长江经济带绿色专利产出数量存在U型关系。环境规制通过增收排污费或者环保税,构建碳排放交易市场等方式对长江经济带企业加以限制,增加了企业环境治理成本。缺乏创新能力的企业很快被市场淘汰,短期内区域整体创新规模缩小,导致绿色专利产出数量下降。随着环境规制强度的提升,具备创新能力的企业为了寻求更大利润,愈发重视技术创新并加速绿色专利的申请以抢占市场先机;同时部分新兴的环保型企业加入技术竞争,使得区域整体的技术市场规模扩大,绿色专利产出数量增加。

(2)环境规制对绿色专利产出质量呈现出复杂的非线性特征,跨越U型关系的拐点后,环境规制强度能够有效提升绿色专利产出质量。环境规制短期挤占了创新投入资本,长江经济带企业欠缺额外资源用于技术提升,绿色技术开发迭代受阻,导致区域整体创新水平受到抑制,难以提升绿色专利产出质量。但从长期来看,为应对环境规制的影响,创新能力强的企业不断提升绿色技术水平,企业之间往往形成专利联盟,以促进绿色技术创新与共享,增强区域市场竞争力;同时,企业更加积极地参与技术

市场交易,加快绿色专利市场化运营,不断提升绿色专利本身的技术特征与商业价值,促进区域绿色专利产出质量不断提升。

(3)知识产权保护在环境规制影响绿色专利产出数量与质量的过程中起到了正向的调节作用。具体来说,知识产权保护制度激发了企业的创新积极性,有效保障了绿色专利产出过程中的技术溢出,使得企业在环境规制条件下仍能投入充足资金进行技术创新,通过绿色专利获得垄断利润,又能够将新的利润投入到新的绿色技术研发中,实现投入与产出二者之间的良性循环,不断提升绿色专利产出数量与质量,进而助推环境保护与经济发展相适应。

#### 3.2 政策启示

基于上述研究结论,为形成环境规制与知识产权保护的政策组合以发挥其协调作用,促进长江经济带绿色专利产出,本文提出了以下政策启示:

(1)关注绿色专利产出数量,完善环境规制法律体系。环境规制对长江经济带绿色专利产出数量呈现出先促进后抑制的U型关系。为尽快突破U型关系拐点,长江经济带政府需根据本地区绿色专利的发展情况,考虑企业的发展阶段,完善相关环境规制建设。通过优化环保税制结构,采用绿色专利专项补贴等方式,在促进区域内企业可持续发展的同时,培育和促进新兴的环保型企业发展壮大,扩大区域的绿色技术规模。同时,企业要认识到提高绿色专利产出数量的重要性,及时解决存在的环境污染问题,借助长江经济带发展优势,积极利用环境规制的创新激励作用,促进绿色专利数量稳定增长。

(2)重视绿色专利产出质量,以环境规制切实提升绿色创新水平。环境规制不仅对绿色专利产出数量具有重要影响,更对产出质量产生显著影响。在追求经济高质量发展的当下,长江经济带政府应更加重视发挥绿色创新示

范作用,注重引导企业形成重视高质量绿色专利的意识。一方面,在构建规制工具实施标准与强度等法律法规时,要加强对绿色专利的技术审查,明确绿色专利质量;另一方面,通过专项补贴等形式加强研发资助,完善技术市场,提升高价值绿色专利的商业价值,助力企业创新绿色技术,提高市场竞争力。企业在创新驱动的时代背景下,除了利用好长江经济带的优越发展地理位置外,更应当转变原有“专利数量多,创新能力强”的观念,重视绿色专利技术含量,及时追踪绿色技术发展态势,积极运用环境规制政策引导自身增强绿色创新能力,着力提升绿色专利产出质量。

(3) 依托环境规制与知识产权保护的政策组合提升绿色创新能力。知识产权保护在环境规制影响绿色专利产出的过程中起到了显著的调节效应,表明在完善环境规制法规体系基础上,构建针对性的知识产权保护制度,通过环境规制与知识产权保护协同发力以促进绿色专利产出。这要求长江经济带各地政府在制定、实施政策与执法监督全过程中,有效发挥环境规制与知识产权保护协同作用。首先,在政策制定时,长江经济带各地政府可构建跨部门的专门机构,在着眼本地区绿色创新基础上,因地制宜地制定环境规制政策,最大限度发挥二者对促进绿色专利产出的协同作用。其次,在政策落实、执法监督过程中,通过加强沟通协调、多部门联合执法的方式,注重引导企业提升环保意识,充分发挥知识产权保护的正向调节作用。最后,长江经济带各地政府要利用区域协同发展优势,通过跨区域的经验借鉴、部门联动,针对性调整环境规制与知识产权保护制度,助推企业充分运用创新激励政策,更加有效地进行绿色技术研发活动,不断提升绿色创新能力,从而实现平衡长江经济带环境保护与经济可持续发展的目标。

## 参考文献:

- [1] JAFFE A B, PALMER K. Environmental regulation and innovation: A panel data study[J]. *Review of Economics and Statistics*, 1997, 79(4): 610 - 619.
- [2] CHAKRABORTY P, CHATTERJEE C. Does environmental regulation indirectly induce upstream innovation? New evidence from India[J]. *Research Policy*, 2017, 46(5): 939 - 955.
- [3] 王薇,金美玲,吕金娜. 碳排放权交易提升了我国制造业企业绿色创新质量水平吗? [J]. *宏观质量研究*, 2023, 11(6): 88 - 101.  
WANG Wei, JIN Meiling, LYU Jinna. Does carbon emission trading enhance the quality of green innovation in China's manufacturing enterprises? [J]. *Journal of Macro - quality Research*, 2023 11(6):88 - 101.
- [4] 张或泽. 绿色金融、环境规制与企业绿色技术创新[J]. *统计与决策*, 2024, 40(10):162 - 166.  
ZHANG Yuze. Green finance, environmental regulation, and corporate green technological innovation [J]. *Statistics and Decision*, 2024 40(10):162 - 166.
- [5] SHI Xinzhen, XU Zhufeng. Environmental regulation and firm exports: Evidence from the eleventh Five - Year Plan in China[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2018, 89: 187 - 200.
- [6] 刘志铭,刘雨庆,杨志江. 地方政府环境目标是否影响了企业绿色技术创新:基于我国制造业上市公司数据的经验研究[J]. *华南师范大学学报(社会科学版)*, 2022(5):126 - 138 + 207.  
LIU Zhiming, LIU Yuqing, YANG Zhijiang. Do local government environmental targets affect corporate green technological innovation? An empirical study based on data from China's manufacturing listed companies [J]. *Journal of South China Normal University (Social Science Edition)*, 2022(5):126 - 138 + 207.
- [7] ROGGE K S, SCHNEIDER M, HOFFMANN V H. The innovation impact of the EU Emission Trading System: Findings of company case studies in the German power sector[J]. *Ecological Economics*, 2011, 70(3): 513 - 523.
- [8] 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 really promote technological innovation? A re - examination based on the Porter Hypothesis [J]. *China Soft Science*, 2012(4):49 - 59.
- [9] 游达明,李琳娜. 环境规制强度、前沿技术差距与企业绿色技术创新[J]. *软科学*, 2022, 36(8):108 - 114.  
YOU Daming, LIN Linna. Environmental regulation intensity, technological gap, and corporate green technological innovation [J]. *Soft Science*, 2022, 36(8):108 - 114.
- [10] YANG Chaojun, YANG Wenke, HU Ruoqing. Research on evaluation and factors of regional green innovation performance based on ER - XIANG Dual Theory [C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018, 182(1): 012018.
- [11] 林玲,赵子健,曹聰丽. 环境规制与大气科技创新:以 SO<sub>2</sub> 排放量控制技术为例 [J]. *科研管理*, 2018, 39(12):45 - 52.  
LIN Ling, ZHAO Zijian, CAO Congli. Environmental regulation and atmospheric technological innovation: A case study of SO<sub>2</sub> emission control technology [J]. *Science Research Management*, 2018, 39(12):45 - 52.
- [12] 孙冰,徐杨,康敏. 环境规制工具与环境友好型技术创新:知识产权保护的双门槛效应 [J]. *科技进步与对策*, 2022, 39(4):20 - 28.  
SUN Bing, XU Yang, KANG Min. Environmental regulation tools and environmentally friendly technological innovation: The double - threshold effect of intellectual property protection [J]. *Science and Technology Progress and Policy*, 2022, 39(4):20 - 28.
- [13] 卜晨,初钊鹏,孙正林. 环境规制促进企业绿色技术创新的政策仿真研究 [J]. *工业技术经济*, 2021, 40(7):12 - 22.

- BIAN Chen, CHU Zhaopeng, SUN Zhenglin. Policy simulation study on environmental regulation promoting corporate green technological innovation[J]. *Industrial Technology Economics*, 2021 40(7):12-22.
- [14] HAANS R, PIETERS C, HE Zilin. Thinking about U: Theorizing and testing U and inverted U shaped relationships in strategy research[J]. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(7):1177-1195.
- [15] 中国绿色专利统计报告(2014-2017年)[R]. 北京:国家知识产权局规划发展司, 2018.
- China Green Patent Statistical Report (2014-2017)[R]. Beijing: Planning and Development Department of the National Intellectual Property Administration, 2018.
- [16] 席强敏,张景乐,张可云. 中国城市专利规模与知识宽度的时空演变及影响因素[J]. *经济地理*, 2022, 42(3):56-65.
- XI Qiangmin, ZHANG Jingyue, ZHANG Keyun. Spatio-temporal evolution and influencing factors of urban patent scale and patent knowledge width in China[J]. *Economic Geography*, 2022, 42(3):56-65.

## Research on the impact of environmental regulations on green patent output in the Yangtze River Economic Belt: The moderating effect based on intellectual property protection

Zeng Li, Zhou Xuan, Li Qian

(Chongqing Intellectual Property School, Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China)

**Abstract:** The study of the impact of environmental regulations on green patent output has become a hot topic in academic research. The dual externalities in this impact process need to be addressed through the joint efforts of environmental regulations and intellectual property protection. Integrating environmental regulations, green patents, and intellectual property protection into a unified analytical framework is significant for exploring the effective solutions to environmental problems. This paper used the data from 11 provincial-level regions in the Yangtze River Economic Belt from 2010 to 2021 to examine the impact of environmental regulations on green patent output, and further analysed the moderating effect of intellectual property protection. The research found that: (1) there is a U-shaped relationship between environmental regulations and the quantity of green patent output; (2) Environmental regulations exhibit complex nonlinear characteristics on the quality of green patent output, and after crossing the inflection point of the U-shaped relationship, they can effectively improve the quality of green patent output; and (3) Intellectual property protection plays a significant positive regulatory role in the environmental regulation process affecting the quantity and quality of green patent output. This study has filled the gap in theoretical research on the impact of environmental regulations on green patent output, and will provide practical insights for balancing environmental protection and economic development in the Yangtze River Economic Belt.

**Keywords:** environmental regulation; green patent; intellectual property protection; moderating effect