

分类号 _____
U D C _____

密级 _____
编号 _____

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 环境规制对技术创新的影响研究

研究生姓名: 步洪达

指导教师姓名、职称: 陈冲 教授

学科、专业名称: 应用经济学 劳动经济学

研究方向: 劳动力市场与就业

提交日期: 2021年5月26日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 步洪达 签字日期： 2021年6月17日

导师签名： 张永峰 签字日期： 2021年6月17日

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定，同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1. 学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2. 学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 步洪达 签字日期： 2021年6月17日

导师签名： 张永峰 签字日期： 2021年6月17日

Research on the Impact of Environment Regulation on Technological Innovation

Candidate :Bu Hongda

Supervisor:Chen Chong

摘要

中国经济要实现绿色高质量发展。改革开放后，我国经济飞速发展，但同时也带来了一定的环境问题。由于环境问题具有负外部性，因而需要政府发挥作用，解决市场失灵，实施环境规制政策，控制企业排污行为。可通过开展技术创新活动使经济稳定发展，从污染源头上解决环境问题。环境规制是为了改进环境质量，但如果我们能使用适当的规制政策，那么将会发挥其对技术创新的激励作用，从而有利于实现建设美丽中国的目标。

本文首先梳理了国内外相关文献和相关理论，分析了环境规制对技术创新的影响机制。在此基础上，本文选取了我国 2005-2017 年 30 个省份的面板数据，运用 Sys-GMM 估计法实证分析了环境规制强度及其不同类型规制对技术创新的效应。结果表明：环境规制强度对技术创新有着先促进后抑制的作用；异质性方面，命令控制型、市场激励型、公众参与型环境规制对技术创新的影响也都具有先促进后抑制的作用，公众参与型规制对技术创新的促进作用最明显，市场激励型次之，命令控制型最弱。此外，本文发现环境规制对技术创新的影响具有门槛效应。分地区来看，对于参与型环境规制来说，其对东部地区的促进作用最明显；对于市场型环境规制，其对中部地区的促进作用最明显；对于命令型规制，其对西部地区的效果最大。

关键词：环境规制 技术创新 滞后性 门槛效应

Abstract

China's economy must achieve green and high-quality economic development. Since the reform and opening up, my country's economy has achieved rapid development, but at the same time it has also brought certain environmental problems. As environmental problems have negative externalities, the government needs to play a role to solve market failures, implement environmental regulations and policies, and control corporate pollutant behavior. The economic development can be stabilized by carrying out technological innovation activities, and environmental problems can be solved from the source of pollution. Environmental regulation is to improve the quality of the environment, but if we can use appropriate regulatory policies, it will play its role in stimulating technological innovation, which will help achieve the goal of building a beautiful China.

This article first sorts out relevant domestic and foreign literature and related theories, and analyzes the impact mechanism of environmental regulations on technological innovation. On this basis, this paper selects panel data of 30 provinces in my country from 2005 to 2017, and uses the Sys-GMM estimation method to empirically analyze the intensity of environmental regulations and the effects of different types of regulations on technological innovation. The results show that the

intensity of environmental regulation has the effect of first promoting and then inhibiting technological innovation; in terms of heterogeneity, the impact of command-and-control, market-incentive, and public participation environmental regulations on technological innovation also has the effect of first promoting and then inhibiting. The public participation type regulation has the most obvious promotion effect on technological innovation, followed by the market incentive type, and the command and control type is the weakest. In addition, by constructing a threshold model, this paper finds that the impact of environmental regulations on technological innovation has a threshold effect. From a regional perspective, for public participation environmental regulations, it has the most obvious promotion effect on the eastern region; for market-incentive environmental regulations, it has the most obvious promotion effect on the central region; for command-and-control environmental regulations, it has the most significant effect on the central region. The western region has the greatest effect.

Keywords: Environmental regulation; Technological innovation; Hysteresis; Threshold effect

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景与意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 研究内容与方法.....	2
1.2.1 研究的主要内容.....	2
1.2.2 研究方法.....	3
1.3 研究思路图.....	4
1.4 可能的创新点和不足之处.....	5
1.4.1 可能的创新点.....	5
1.4.2 不足之处.....	5
2 文献回顾和相关理论基础	6
2.1 环境规制.....	6
2.1.1 环境规制的概念.....	6
2.1.2 环境规制的分类.....	6
2.1.3 环境规制相关理论.....	8
2.1.4 环境规制的度量.....	9
2.2 技术创新.....	10
2.2.1 技术创新的概念.....	10
2.2.2 技术创新的相关理论.....	10
2.2.3 技术创新的度量.....	11
2.3 关于环境规制与技术创新关系的研究.....	12
2.3.1 环境规制促进技术创新.....	12
2.3.2 环境规制抑制技术创新.....	12
2.3.3 环境规制对技术创新的影响不确定.....	13
2.3.4 不同类型环境规制对技术创新的影响研究.....	14
3 环境规制和技术创新的现状分析	15

3.1 命令控制型环境规制的现状分析.....	15
3.2 市场激励型环境规制的现状分析.....	17
3.3 公众参与的环境规制的现状分析.....	18
3.4 技术创新的现状分析.....	20
4 环境规制对技术创新的影响机制	21
4.1 环境规制对技术创新的总效应.....	21
4.2 不同环境规制对技术创新的机制分析.....	22
4.2.1 命令控制型环境规制对技术创新的影响机制分析.....	22
4.2.2 市场激励型环境规制对技术创新的影响机制分析.....	23
4.2.3 公众参与型环境规制对技术创新的影响机制分析.....	24
5 模型设计和实证分析	25
5.1 模型说明.....	25
5.2 变量选取和数据来源.....	26
5.2.1 被解释变量.....	26
5.2.2 核心解释变量.....	26
5.2.3 控制变量.....	26
5.2.4 数据来源.....	27
5.3 实证分析.....	28
5.3.1 环境规制强度对技术创新的影响效应.....	28
5.3.2 不同环境规制对技术创新的影响效应.....	30
5.3.3 分地区的环境规制对技术创新的影响效应.....	32
5.4 拓展性探讨：门槛效应分析.....	35
6 结论和政策建议	37
参考文献.....	40
致谢	47

1.绪论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

在我国实行四十多年的改革开放后，经济获得了巨大的进步，但同时我国的环境遭到了一定污染。2019年，我国监测的337个城市中，只有46.6%的城市空气质量达到标准；2019年监测降水的城市有469个，酸雨城市比例为16.8%。可以看出我们的环境问题依然值得重视，仍有较大改善的空间。

环境问题有着很强的外部性，因此仅依靠市场机制是难以解决的，从而需要政府实施环境规制政策来约束企业的排污行为。面对着严重的环境污染问题，我国也采取了一系列应对的政策措施。1983年，第二次全国环境保护会议召开，确立了环境保护的基本国策。在经过对《环境保护法（试行）》的适用及总结经验的基础上，1989年正式颁布了《中华人民共和国环境保护法》。1990年，《国务院关于进一步加强环境保护工作的决定》在五项制度的基础上又增加了环境影响评价制度、“三同时”制度和排污收费制度。2002年，第九届全国人大常委会通过了《环境影响评价法》，改变了“先污染后治理”的模式，转为“先评价后建设”。2011年第七次全国环境保护会议提出“坚持在发展中保护、在保护中发展”的方针。2012年党的十八大报告将生态文明建设纳入“五位一体”总布局。2017年党的十九大把“坚持人与自然和谐共生”作为新时代坚持和发展中国特色社会主义的基本方略之一。

技术创新是一个国家长期经济发展中的重要动力来源和决定因素，在各个国家的经济可持续发展中起到了至关重要的作用。根据国家统计局的统计数据，自2008年以来我国研究与试验发展（R&D）经费支出表现为逐年增加趋势。2019年研发支出占GDP的比重为2.23%，比上一年提高0.09个百分点，但与其他创新型国家相比仍有很大的空间可以提高。

根据“波特假说”，环境规制可促进企业的技术创新，进而降低环境的污染；

而新古典学者则认为严格的环境规制将增加企业的成本，挤占创新资金，从而抑制创新^[17]。环境规制对技术创新可能存在着两种效应，因而要把握好规制强度。而且也应合理使用各种规制工具，发挥其应有的效果。近年来，环境问题引起了人们的重视，因此平衡好经济发展和环境保护也愈加重要。如何制定合适的规制政策，合理选择不同类型规制工具以促进企业技术创新，进而改善环境和促进经济发展，是本文研究意义所在。

1.1.2 研究意义

理论意义方面，本文通过梳理文献界定了环境规制，介绍了规制工具的类型，丰富了相关的研究。本文将其区分为命令控制型、市场激励型和公众参与型三类，以此为基础，研究了环境规制及其异质性对技术创新的影响。比较了三种类型环境规制对技术创新的效应，为使相关政策的实行能够变得更加完善和有效，提供了一定的理论支持。

现实意义方面，通过研究环境规制对技术创新的影响，将有助于提高环境规制的质量和水平，帮助规制目标的完成，对于企业来说，可以为其选择如何进行技术创新提供一定的依据。技术创新活动会影响企业的竞争力和长期发展，而技术创新的类型、方向等都会受环境规制政策的影响。本文的研究将有助于政府制定更加合理有效的环境规制政策，有效选择规制工具，提高企业的技术创新力，改善环境，促进经济稳定发展。

1.2 研究内容与方法

1.2.1 研究的主要内容

本文共分六章，各章安排如下：

第一章是绪论。介绍了研究背景和意义，说明了研究的具体内容和方法，还介绍了研究思路，并提出了创新点和不足之处。

第二章介绍了环境规制和技术创新的相关概念和理论，对已有相关文献进行

了梳理，并且介绍了二者的度量方法。

第三章是环境规制与技术创新的现状分析。本章介绍了我国命令控制型、市场激励型和公众参与型环境规制及技术创新的现状。

第四章是环境规制对技术创新的影响机制，环境规制主要通过补偿效应和抵消效应来影响技术创新，还介绍了三种不同类型环境规制对技术创新的影响机制。

第五章是模型设计和实证分析部分。本章介绍了动态面板数据模型，相关变量的选取及数据来源，通过 Sys-GMM 估计法分析了环境规制强度及不同类型规制对技术创新的影响，然后做了门槛效应分析，并对结果做了讨论。

第六章是文章的结论和政策建议部分。在理论与实证结果的分析基础上得出结论，并提出政策建议。

1.2.2 研究方法

1. 文献分析法。对现有关于环境规制和技术创新的国内外文献进行归纳总结，并对相关理论进行梳理，发现研究进展和不足，探索值得改进的地方，确立本文研究目的与思路。

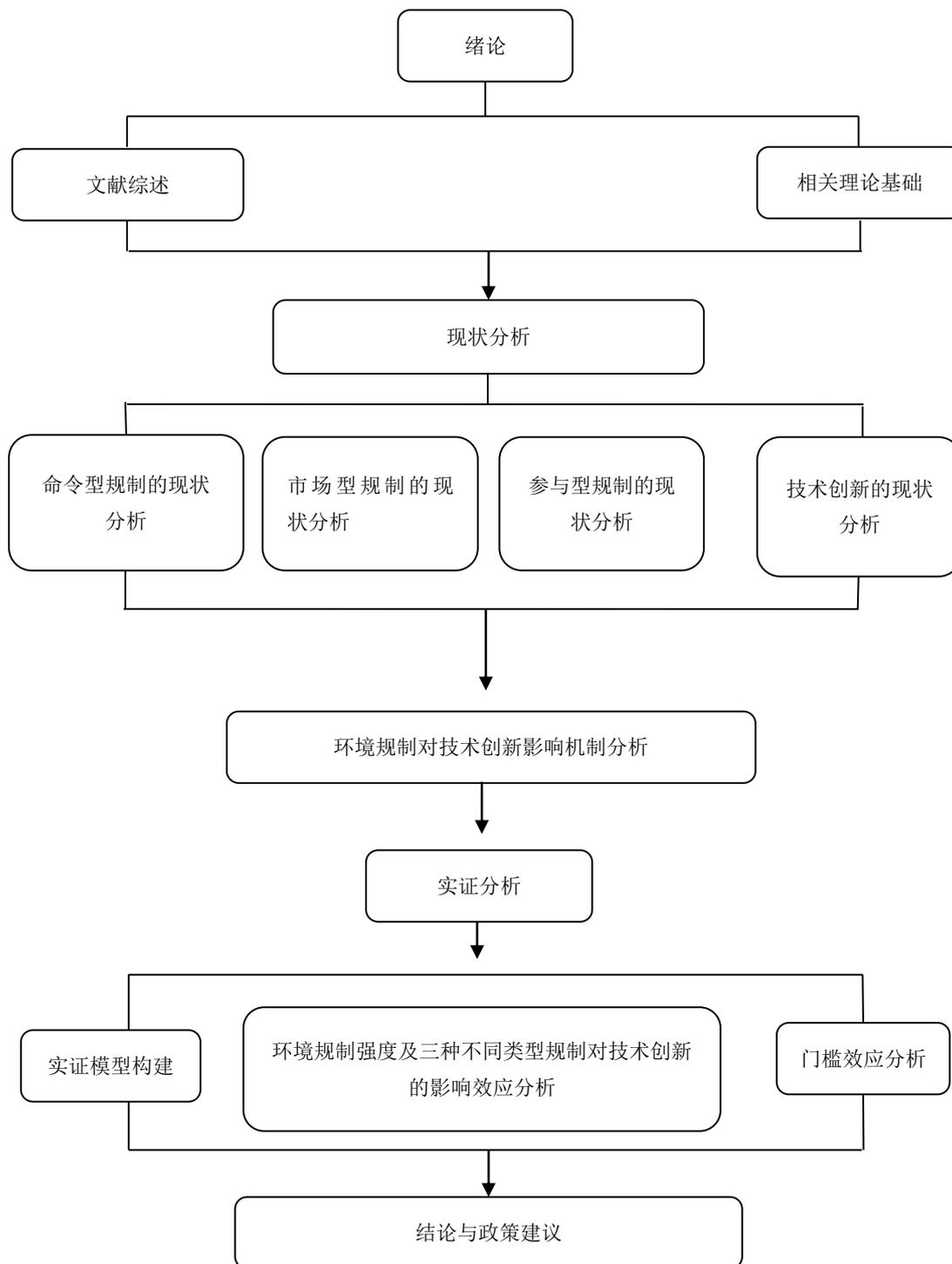
2. 现状分析法

本文在实证分析不同类型环境规制与技术创新关系前，分别对其命令控制型、市场激励型、公众参与型环境规制的现状进行了分析，同时也对技术创新的现状进行了分析。

3. 实证分析法。基于科布道格拉斯生产函数构建出计量模型，从全国层面和区域层面进行了实证分析，并进一步分析三种规制对技术创新的不同效应。另外，本文还建立了门槛模型，分析了环境规制对技术创新的门槛效应。

4. 比较分析法。本文用了两个对比，一是将环境规制划分为三种类型进行比较，分析效应大小；二是分析东中西三个区域的不同效应。

1.3 研究思路图



1.4 可能的创新点和不足之处

1.4.1 可能的创新点

在过去的研究中，学者们大多聚焦在环境规制的某一种类型上，对不同类型的环境规制的研究较少。本文将环境规制区分为三种类型并对激励效应进行比较研究，区别了以往单一规制的影响效应研究，通过对比分析，使环境规制对技术创新的研究更加系统化。本文还研究了不同环境规制在东中西部地区对技术创新的影响，可以为制定相关政策提供一些参考。

1.4.2 不足之处

指标的选取上面，由于数据的可得性，本文对于市场激励型规制选取的是环境污染治理投资额，可能会影响指标的准确性，但在一定程度上能很好的代表市场激励型规制的作用效果，所以选取其来衡量市场激励型规制。本文将全国 30 省市作为研究对象，在一定程度上降低了样本的代表性。

2.文献回顾和相关理论基础

2.1 环境规制

2.1.1 环境规制的概念

Marshall 在《经济学原理》认为伴随着经济不断增长的同时，也会造成环境的负外部性。起初，关于环境规制被认为是政府通过非市场化的方式实现直接干预，且市场及企业能严格执行政府制定的环境政策。Pigou（1999）提出政府部门应采取征税的方式，来弥补环境污染所造成的不利影响间接引发的社会和私人成本之间的差值。此后，学者们又做了更深层次的研究，把税收、补贴激励等纳入了环境规制的范围。相关学者也认为，环境监管是政府对环境资源的直接或间接干预，除了相关的行政法规，经济手段和市场调控机制外。20 世纪 90 年代以来，随着生态标签和自愿协议的推进，学者们对环境规制有了更深层次的认识。公众监督和企业的一些自愿行为也被纳入了环境法规的范围。自愿的环境规章被纳入使用。本文所指的环境规制是为实现资源节约和保护环境而约束个体或组织的一种力量，包括激励性约束和企业、政府的强制性约束和公众的自发性约束。

2.1.2 环境规制的分类

现有研究对环境规制的分类有所不同，如表 2.1。

表 2.1 环境规制的分类

分类	具体类型		
两分法	命令控制型	市场型	
	正式	非正式	
	显性	隐性	
三分法	命令型	市场型	自愿型
	命令控制方式	经济方式	产权方式

部分学者将环境规制工具分为两类,如赵玉民等(2009)、原毅军等(2014)运用常见的两分法将其分为市场型规制和命令控制型、正式型和非正式型规制、显性和隐性规制等。随着学者们对理论的完善,逐步出现了三分法,将环境规制分为命令控制方式、经济方式、产权方式。具体分类见表 2.2。本文根据研究环境规制异质性对技术创新的影响的思想,将其分为三种类型:命令控制型,市场激励型和公众参与型。

(一) 命令型规制。政府可制定相关规章制度,强制企业遵守,以达到环保的目的。该规制由政府的命令直接干预,所以具有见效快的特点。同时,企业不得不自觉接受这些要求,一旦违反相关制度要求,那么其将面对的是政府的处罚。该规制的实施有着效率较高的优点,能够较快的使企业减少排污,改善环境水平。但是,它也有着一些不足。对于企业的污染排放行为,环境部门无法及时地了解,而企业出于利益最大化的考虑,也不会自觉地向相关部门汇报自己的排污行为,因此,环境部门要增加人力和物力对企业的行为进行监督管理,确保其遵守政策规定。企业收到达标排污的命令后,不得不对其生产中所排放的污染物进行治理,这将会挤占原来用于研发的投入,影响创新。另外,我国各个不同的地区经济发达度有所区别,企业的规模和发展的水平也存在一定的差异,因而实行相同的规制标准,不能让企业灵活的进行减排,会对企业的生产效率产生负面的影响,打击了生产的积极性。进而影响其在市场上的长期竞争力,抑制行业生产力的发展命令控制型的工具是环境处罚,建设“三同时”等制度。

(二) 市场型规制。通过市场作用使企业做决策,政府主要起到引导作用,促使企业自觉进行减排。企业拥有了更多的自主权利,可以制定适当的决策,采取更有效的污染治理技术,而不是被动的接受政府的安排,因而可以降低成本,释放出用于研发的资金,企业的生产积极性被激发出来,进而生产效率也相应提高。但是,该规制也有一些弊端。比如,排污权交易制度虽然能够节约政府治理成本、减少环境污染,但在某种程度上对初始排放指标的检测与配给、排污权交易过程的控制等方面有诸多问题。市场激励型环境规制的主要工具是排污收费机制、可交易许可证机制和污染治理投资机制等。

(三) 参与型规制。包括了企业和公众参与。企业可以加入环保协议；公众可以给环境部门写反映企业非法排污行为的信件，也可以直接打电话进行举报，同时也可以在网上进行反映或提出建议参与到规制中。参与型规制在减低政府监督成本，提高社会群众环保自主意识方面颇有成效。公众参与型环境规制也有许多缺点，一方面，其规制工具发挥的成效与有关部门执行力度呈正相关关系，部门执行力越高，公众参与型环境规制工具的效率也越高，反之亦然。其次，政府需要时间来处理问题，使得其发挥效力的时滞较长。该规制的主要工具是环境信访制度等。

表 2.2 环境规制的工具类型

环境规制类型	具体工具
命令控制型	建设项目“三同时”制度
	环境行政处罚
市场激励型	排污费制度
	可交易许可证制度
	治污投资
公众参与型	环境信访制度

2.1.3 环境规制相关理论基础

(1) 外部性理论

外部性理论指的是一个经济主体对另一个经济主体产生了影响，但二者均未承担任何责任，经济行为产生的成本或收益由经济行为的第三方承担。外部性由正的外部性和负的外部性构成。环境的负外部性指的是企业在生产中排放污染物，使得其他人或企业的利益受到了损害，并没有给出相应的补偿。而政府可通过规制弥补市场缺陷提高环境资源配置的效率，而规制若满足经济绩效和生态绩效的双赢，那便是有效的。

(2) 公共物品

公共物品的含义是公众在使用时，具有物品特有的非竞争性和非排他性。环境资源属于公共物品。如某个人在自家院落里栽种了绿色的树木和各种各样的花草，那么他周围的环境因此会得到改善，而周围的人都可以享受环境改善带来好处，而不支付资金。因而得不到收益的人们常常不会主动去改善环境。但每个人都想最大限度的使用，因而环境会被过度的利用，从而带来污染问题。环境规制在很大程度上能够起到保护环境的作用，同时维持经济稳定发展。因此，政府应积极进行环境规制，提高公共物品的利用率，优化环境资源资源配置。

(3) 环境信息的不对称

由于企业为了使自己的利润能够最大，所以往往会为了躲避规制而进行偷排污染物，也不会将这些信息主动报给政府，因而政府对企业的一些相关信息不能全面的掌握，即使政府派出环保人员摸查后得知相关情况，那么对于信息的获取也并不及时。这就造成了信息的不对称。从而政府制定的规制政策可能并不适合当下的污染情况，有可能造成环境的继续破坏，而企业确从中获取利益。

2.1.4 环境规制的度量

从目前学者的研究发现，环境规制有许多测量方法，有一种是对环境规制强度进行测量。部分学者用与污染物相关的指标来衡量，傅京燕和李丽莎（2010）用地区经济发展水平或污染的排放量变化作为环境规制的内生变量来衡量。张成等(2010)依据污染治理设施运行成本来度量，成本越高强度越大。部分学者则用比值法来度量，Antweiler(2001)，陆旸（2009）用人均 GDP 表示，其值越高强度越大。张成等（2011）根据治理污染投资总额与工业总产值的比值来测量环境规制强度。李珊珊（2015）、刘和旺等（2016）使用各地区污染治理投资费用占 GDP 与全国污染治理投资费用占 GDP 的比值来考察环境规制强度。还有部分学者则是用综合指标来衡量，蒋伏心(2013)、柴泽阳等(2016)用废物、废气、废水综合指标来衡量，值越大强度越大。

还有一种手段对类型差别明显的环境规制进行了测量。部分学者将其分为两种类型进行研究，何雄浪和陈锁（2020）将环境规制分为政府型和市场化型两种，分别用环境污染治理投资占 GDP 比重、各省份规模以上工业企业污染投资完成

额与规模以上工业企业的主营业务成本的比例来衡量。张平(2016)将环境规制区分为投资型和费用型两种,用污染治理投资总额和排污费征收额度量。还有部分学者将其分为三种进行研究,刘明玉(2018)将其分为自发式、市场式和命令式三种。分别用行政处罚案件数、单位 GDP 排污费收入、环境信访量来表示。黄清煌等(2017)分别用各地区单位工业产值的“三同时”项目投资、各地区单位工业产值的排污收费和各地区环境信访中单位工业产值的上访批次群众来衡量这三种规制;蔡乌赶和李青青(2019)分别用环境行政处罚案件数、排污费、环境问题来信数与工业总产值的比重来测度。

2.2 技术创新

2.2.1 技术创新的概念

技术创新是企业发展的动力,学者们从技术创新的驱动、过程等角度提出了相关概念。1912年,熊彼特指出创新是生产要素和生产条件的一种新的组合;1947年,他又发展了创新模型,增加了企业内部的技术创新及模仿者对创新企业垄断地位的影响理论。1932年,希克斯提出了诱导创新理论,即要素稀缺引致发明理论。其基本思想是如果一个要素的价格相对于其他要素价格上涨,那么将导致该要素相对使用量的技术变革。项保华等(1989)认为技术创新包括技术成果及成果的应用、推广和扩散。曼斯菲尔德(1981)、傅家骥(1992)、张明慧和李永峰(2003)认为技术创新是产品、新工艺或新设备商业化生产的过程,这个过程可以实现产生经济效益和社会效益,实现盈利目标。

技术创新活动受外部国家政策、行业竞争和市场需求的引导和约束,是由企业内外力量共同完成的。本文认为技术创新是关于新产品或新工艺的设想、研发、生产到首次市场化的活动。

2.2.2 技术创新的相关理论

(1) 熊彼特的创新理论

1912年，熊彼特认为创新是“生产要素的重新组合”。后来，熊彼特深化了创新的内涵，认为其是新的经济结构取代原有的经济结构，在这过程中，结构红利得以发挥，技术得到提升，经济出现转型升级。希克斯提出了诱导创新理论。如果某个要素的价格有所提高，那么厂商就会选择用其他生产要素来替代该要素，同时会寻找或者进行自主研发能够使用其他要素的新生产技术，以降低成本，增加收益。企业对利润的追求可以促进企业在研发方面的资金支出，因而要素价格会对创新有影响。

（2）经济增长理论

索洛提出了索洛模型，他将技术进步作为外生变量。随后其他经济学家对新古典经济增长理论进行了广泛应用，且发现技术进步可作为内生变量，并用人力资本投入替代劳动力。内生增长理论的主要代表人物有阿罗、罗默。阿罗提出了“干中学”模型，厂商可通过总结和积累生产过程中的经验以及向其他厂商学习提高技术水平。罗默将技术进步视为影响经济增长的主要因素，他认为技术创新来自市场竞争对研发投入行为的影响。

（3）“波特假说”理论

“波特假说”提出环境规制对创新是有正面影响效果的，若环境规制设计的严格且规范，那他可以提升企业创新能力，使企业在现有资源的基础上减少成本，得到较多收益，进而使得该企业能够在竞争中长期处于有利的位置。波特认为企业最初因规制成本的增加，会造成收益的损失，但随着时间的增加，其损失会被技术创新能力的提高所补偿，进而实现环境质量改善和经济增长。

2.2.3 技术创新的度量

学界关于技术创新的度量主要从三个角度出发，即技术创新的投入、产出和绩效。投入角度用研发投入来衡量，如 Jaffe 和 Palmer（1997）、李平和慕绣如（2013）、王班班（2017）等。专利数有较强的代表性，因而产出角度用专利数来衡量，如 Yabar 等（2013）、沈能和刘凤朝（2012）、蔡乌赶和李青青（2019）^[17]等。绩效角度，学者们普遍用全要素生产率来衡量，如王鹏和尤济红（2016）、孙伟和江三良（2015）等。大部分国内学者通常选择专利数授权的数量用于衡量

技术创新，本文也选择专利申请授权数来衡量。

2.3 关于环境规制与技术创新关系的研究

从已有学者研究内容来看，有诸多文献讨论了环境规制在对绿色技术创新开展的积极效用，基本有推动、抑制和不明确几种作用；也有学者研究了不同规制对技术创新的作用。

2.3.1 环境规制促进技术创新

环境规制能够促进技术进步。Lanjouw 和 Mody(1996)认为提高环境的投资对绿色技术创新起到促进的作用。Brunermeier 和 Cohen(2003)以美国制造业企业为例，分析得出环境规制可以促进技术创新。Hamamoto(2006)认为环境规制能促进企业的研发投入和技术进步。Guo(2017)等则通过构建结构方程模型，发现环境规制可以显著地激励技术进步。

黄德春和刘志彪(2006)在 Robert 模型引入了技术系数，分析表明环境规制措施的实行会使企业生产的成本费用增加，但是也会带给企业进行技术创新一定的激励作用。企业由技术创新所带来的收益能够抵消所增加的部分费用。研究结果验证了波特假说的观点。廖中举(2014)、王锋正与郭晓川(2015)、李巍等(2017)发现环境规制使污染成本内部化，环境规制强度越大，企业就会加强引进先进的技术手段，进行企业环境产品革新、工艺改进。廖瑞斌(2016)、余伟等(2017)认为企业会提高治理污染效率，降低生产成本，对生产技术进行革新，从而提高企业竞争力。郭进(2019)利用中介效应模型研究发现，收缴排污费和环境保护财政支出会倒逼企业提高研发强度，进而推动企业绿色技术创新。黄平和胡日东(2010)^[33]、曹霞和张路蓬(2015)、赵红和谷庆(2015)、叶样松和彭良燕(2011)等也都发现环境规制促进了技术进步。

2.3.2 环境规制抑制技术创新

环境规制会抑制技术创新。Palmer 等(1995)持有和“波特假说”理论不符的

观点，他们认为“波特假说”的实证检验具有偶然性，其得出的结果往往缺乏普适性；企业是利益最大化追求者，这会驱使做出相对应的决策促进企业发展，实现利益最大化，而不是依赖政府的环境规制实现此目标。关于环境规制对企业技术创新的抑制作用研究，学者们主要从成本增加的角度进行了验证。Dean 和 Brown(1995)、 Kemp 和 Pontoglio(2011)认为严格的环境规制将使企业增加购置污染处理设备的支出，并且要培训操作人员，这会增加成本，对企业的技术创新起到抑制作用。

解垚(2008)通过省级面板数据，检验了环境规制对技术进步的影响，发现减少排污抑制了企业的生产技术进步。张成等(2010)发现二者间有负向关系。张平等(2016)认为环境规制使企业成本增加，不能促进技术创新。

2.3.3 环境规制对技术创新的影响不确定

不确定是指影响不显著或二者有非线性关系。Jaffe 和 Plamer(1997)对美国企业的整体研发情况进行实证研究，结果表明环境规制强度与专利数量之间的关系不明确。徐鸿翔等(2015)发现对于污染密集型行业，环境规制可长期促进创新；对轻度及中度污染行业，促进作用并不明显。尤济红和王鹏(2016)研究发现环境规制无法显著的对技术创新的起到一定的作用。环境规制对创新会产生正负两方面的影响，而这两个方向的影响会相会抵消，最终使得总体影响不显著。江珂和卢现祥(2011)也发现二者关系不显著。

Calel(2011)认为二者间存在非线性关系。刘章生等(2018)发现规制强度跨过了门槛值，会差别的影响技术创新，表现为倒“N型”关系。陶长琪和琚泽霞(2016)把技术创新分为技术开发、技术转化两个阶段：研究发现环境规制与技术开发间具有倒“U型”关系，当规制强度达到一个合适的水平时，就可以有效地促进技术转化。蒋伏心等(2013)、于鹏等(2020)发现二者间表现出先下降后提升的“U型”关系，当政府实施环境规制措施时，企业不得不按照政府的要求对自己的污染排放进行治理，在这过程中需要购买设备和人员管理，这都将使得生产成本不断增加，而研发资金却被不断地挤占掉，产生“抵消效应”，不利于技术创新；当环境规制强度不断提高后，企业的污染治理成本占总成本的比重不断增加，使

得企业不得不通过增加研发投入来改进治污水平和生产工艺,产生“补偿效应”,促进技术创新。何雄浪和陈锁(2020)、沈能和刘凤朝(2012)、姚小剑等(2018)指出二者具有“U型”关系。当环境规制强度较弱时,某地区会将用于技术研发投入支出的资金抽出一部分用于治理污染,环境成本和绿色技术成本间产生“成本替代效应”,不利于绿色技术进步;当强度较大时,环境成本较大,技术成本基本维持了不变状态,“成本替代效应”将消失,该地区会增加绿色技术研发支出,绿色技术在一定程度上减少了环境成本,产生“绿色技术创新补偿效应”,从而有利于技术进步。

2.3.4 不同类型环境规制对技术创新的影响研究

下面介绍不同类型规制的研究。Magat(1979)选取了技术标准、排放标准、排污税、许可证和补贴等五种规制工具的数据,实证分析了两者之间可能存在的关系。除技术标准外,其他工具对绿色技术创新的起到一定的促进作用。Milliman和Prince(1989)选取了五种规制工具数据,实证分析其对技术创新的作用。结果发现,五种工具对技术创新的促进作用由低到高依次为直接控制、排污补贴、免费的许可证制度、拍卖的许可证制度和排污税。

许庆瑞等(1995)研究发现,命令控制型规制工具有强制性,因而促进技术创新的作用最大;排污收费等市场型工具对技术创新的作用有限。吕永龙和梁丹(2003)研究发现,征收排污费对企业进行技术创新具有更有效的促进作用,而进行排污权的交易对企业技术创新并不能起到促进作用,排污权交易更适合作为一种均衡的机制。邱玉霞和郭景先(2017)发现费用型规制抑制了东部地区技术创新,投资型有促进作用。张平等(2016)发现费用型和投资型规制都存在显著的门限效应。彭星等(2016)发现命令型规制对创新没有非线性影响,而经济型和自愿型促进了绿色技术创新。

现有文献中,关于环境规制对技术创新的促进、抑制和不确定关系,国外文献均有较多的相关文献研究,而国内大部分研究支持环境规制促进技术创新的观点。大部分文献只研究了某类规制工具对技术创新的作用,只有少部分文献研究了不同类型环境规制对绿色技术创新的影响。虽然区分了不同类型规制进行研究,

但没有比较研究各类规制的区别。另外各类规制对不同区域的影响也有所不同，只研究某一区域存在局限性。本文将环境规制分为命令控制型、市场激励型和公众参与型这三类，通过实证比较研究其产生不同的影响。

3.环境规制和技术创新的现状分析

本章主要对我国的环境规制与技术创新现状的三种类型做了一个简单的解析，有助于对下文进一步的研究作基础。

3.1 命令控制型环境规制的现状分析

下面分析环境行政处罚制度、“三同时”制度的现状。

环境行政处罚是一项强制性措施，对环境违法行为进行处罚，它直接干预企业的排污行为，引导其排放达到标准的废弃物，从而保护环境。2009年，环保总局颁布了《环境行政处罚办法》，这项办法于2010年3月1日开始实施。下图3.1为环境行政处罚案件情况表。2009至2013年环境行政处罚案件逐年增加，2013年之后处罚案件在减少，可能的原因是国家对环境保护的力度增加，企业更加注重环境保护。

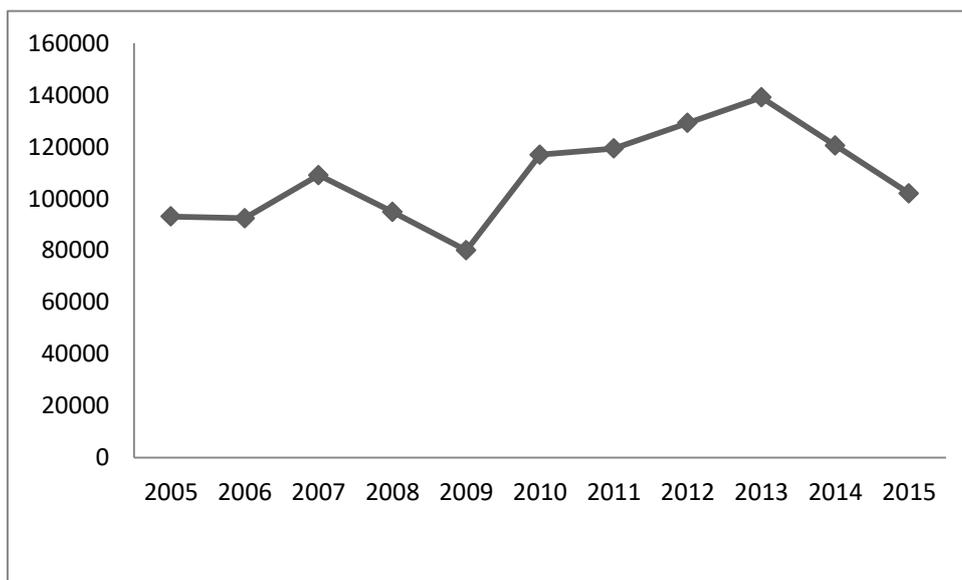


图 3.1 我国 2005-2015 年环境行政处罚案件（单位：件）

“三同时”制度就是所谓的从根源上解决污染源，从而降低污染物的排放政策。这项政策的具体实施内容就是相关单位对要施工地在施工前、施工时以及施工后对施工范围造成的环境污染进行提前预知判断，并做出防止污染的保护工作，这些工作主要对施工地进行详细的检查，以检验其使用的设备是否属于环保类型，保证这些项目在建设完成之后，能够达到环境部门所规定的排放标准排放污染物体。如此进行就可以做到从根源上减污减排、进一步提升公司环境准入门槛。

从图 3.2 可看出，近几年我国实施“三同时”总投资额是逐年上升的，这也从侧面反映了当前我国“三同时”制度政策的开展范围在逐渐扩大，力度逐渐加大，环保投资额度逐渐加大。2017 对“三同时”制度实施的环保投资额度共计 277.67 亿元，比 2005 年增加了三倍多，达到了较高的增加速度，这也从侧面说明该制度的开展可以提高我国环境水平。此外，这项政策的实施可使得环境得到如此大的提升，环境部门应给予高度重视。

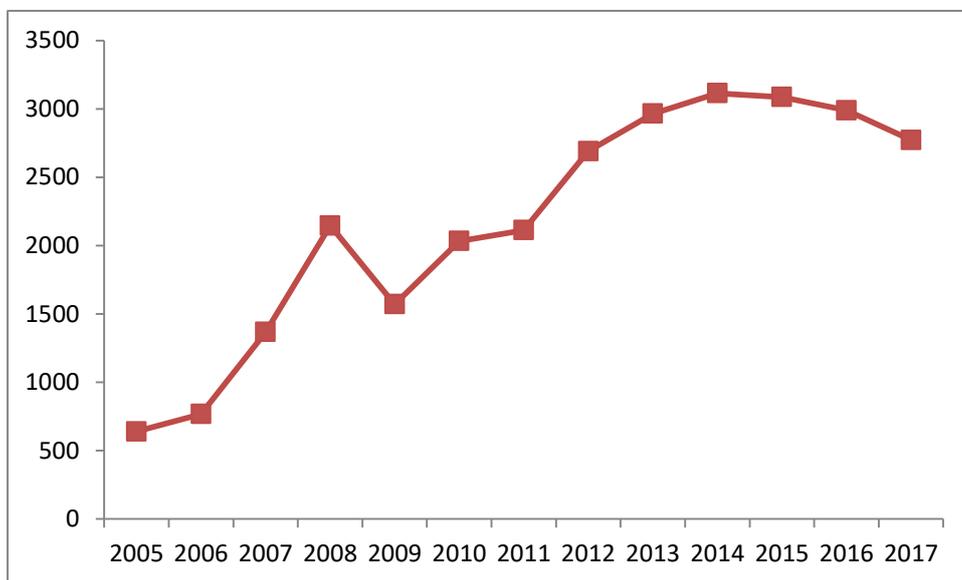


图 3.2 我国 2005-2017 年实施“三同时”项目投资额（单位：亿元）

3.2 市场激励型环境规制的现状分析

政府在市场激励环境规制当中发挥着主导作用,引导企业在降低成本的同时,做出利于自身利益最大化的选择。接下来分析排污收费制度。

排污费征收制度与其他制度相比而言有其特有的优势,其并没有对企业在生产过程中可能产生的各类污染物进行严厉控制,而是给予了企业一定的权利,它们可以依据自身的发展和收益情况自主选择如何生产和排污。环境部门把企业依据自身实际情况选择排放的各种各样的污染物进行一个详细的分类,然后依照这些排放的污染物对环境的破坏情况进一步地确定排放各类污染物的所需缴纳的费用大小。向企业收缴排放污染物的相关费用,将会使得它的生产成本相对的增多,这时企业就会减少生产中所进行的污染物排放,同时,改进生产工艺,以使排放出来的污染物达到环境部门所要求的标准,从而提升环境水平。图 3.3 是我国 2005-2015 企业由于排放污染物所交的相关费用。从图 3.3 可看出近几年企业污染物排放所上缴的相关费用虽然有下降的形势,但是如果我们从总体上来看的话,这个费用表现出一定的上升形势。从长远看,排污费制度在很大程度改善了我国环境质量水平,这项政策直到 2018 年 1 月 1 日开始征收环境税才废止。据有关数据显示,2018 年环境税征收费用达到 151 亿元,2019 年环境税征收费用相较于 2018 年增加了 70 亿元,达到了 221 亿元之多,这一巨大增长幅度从另一方面也说明环境税政策的实施对环境污染问题的解决起到了较好的作用。

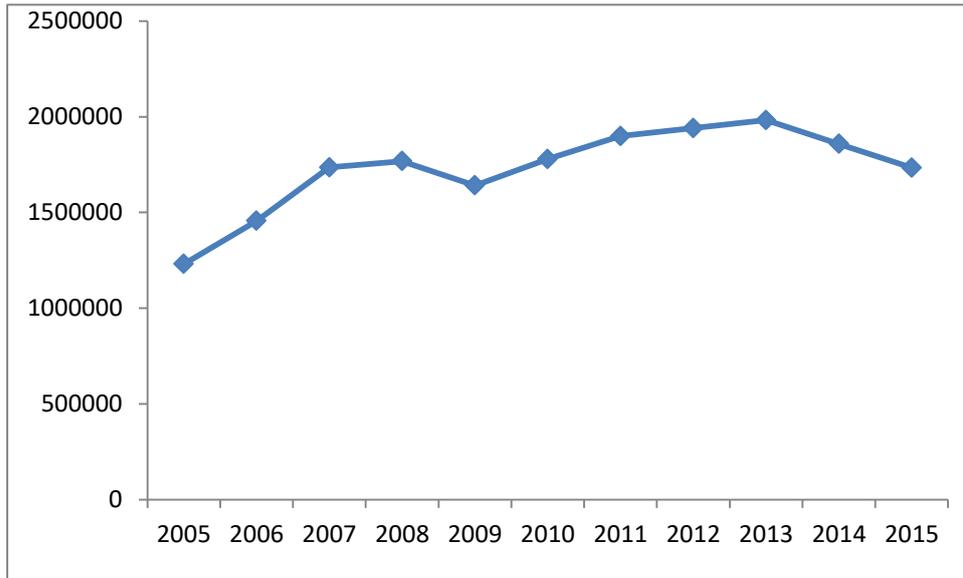


图 3.3 我国 2005-2015 年排污费收取情况 (单位: 万元)

3.3 公众参与的环境规制的现状分析

随着环境问题的越来越严重, 公众对保护环境策略提出了更高的要求, 这也反映到社会群体对环保工作的积极性的热情也愈发高涨, 他们当中更多的人参与到环保活动中。他们可以向政协委员和人大代表反映身边发现的环境污染问题, 并提出相关的建议, 参与环境保护。下图 3.4 为两会环境提案与人大议案情况。2005 年至 2012 年环境问题议案和提案数整体成上升趋势, 在 2014 年后议案与提案件数呈现出平稳的下降趋势。表明近年来我国对环境问题的高度重视, 通过加强环保检查和环境治理改善了环境的状况。

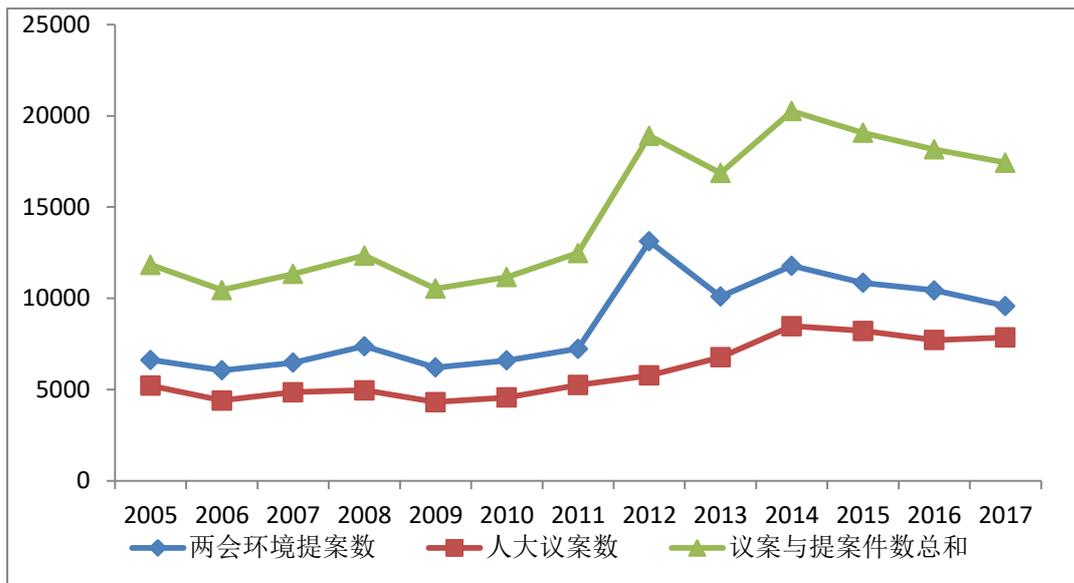


图 3.4 我国 2005-2017 年环境问题提案与议案情况 (单位: 件)

环境信访是社会团体向政府部门反映环保问题的一个较为有效的手段, 社会公众和一些单位可以充分利用互联网、手机和寄发信件等方法途径向政府部门反应环保问题。图 3.5 是我国 2005-2015 年环境问题来信数情况。

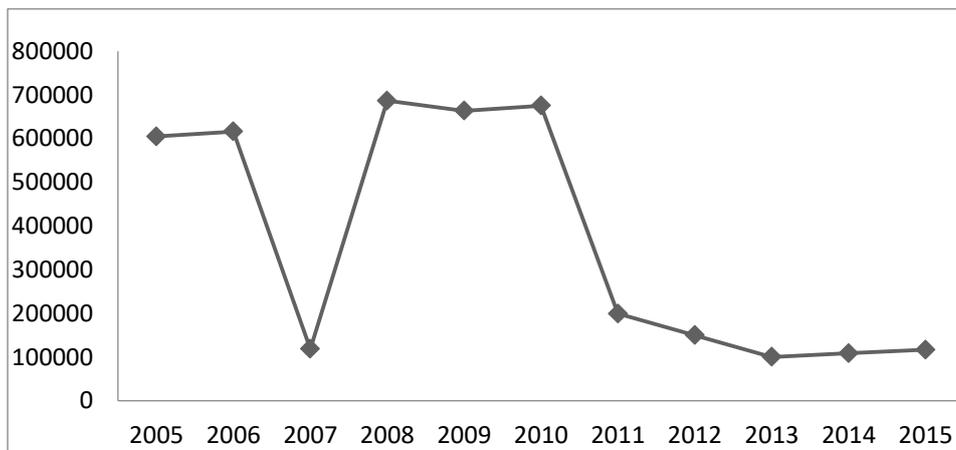


图 3.5 我国 2005-2015 年环境问题来信数情况 (单位: 封)

从上图 3.5 可知, 2005 年至 2006 年和 2008 年至 2010 年这个时间段是信访高峰期, 这几年中的年均来访信件约为 649182 件, 国内社会群众都广泛参与到环境保护公众当中, 这彰显他们更高的环保意识和环保热情, 然而从侧面也说明我国环境问题依然广泛存在, 社会公众选择向政府部门不断地反应生活中身边存在的环境问题, 这也导致了环境信访总数的较高水平。2007 年和 2011 年—2015 年社会公众进行环境信访的数量有些许降低, 2011 年—2015 年之间的环境信访

数量相较于 2007 年增加了 16445 件，增幅达到了 13.9%。近几年环境信访数量的降低也说明了环境问题得到了很好的处理，环境质量得到了较为明显的改善。

3.4 技术创新的现状分析

专利申请数量从某些方面表明了一个国家的创新能力。这当中，专利申请授权数表示了该专利通过了国家认证，本文也选用专利申请授权数作为技术创新的衡量指标。近年来我国专利申请授权情况如图 3.6 所示。由图 3.6 可以看出我国的专利申请授权数在 2005-2013 年间呈现初步上升趋势，而 2014-2018 年增长较快，从某种程度上说明政府表明在创新政策的实施力度加大，使得我国的创新水平得到了较大提高。

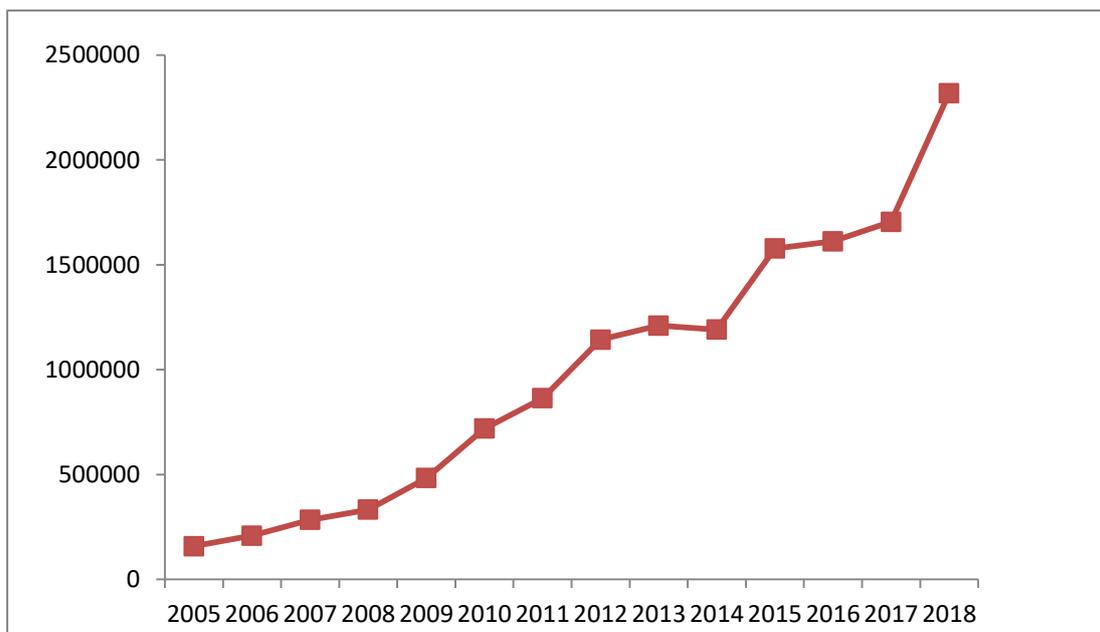


图 3.6 我国 2005-2018 年专利申请授权情况

4.环境规制对技术创新的影响机制

4.1 环境规制对技术创新的总效应

基于以上分析我们可了解到当前中国环境规制与企业技术创新发展的基本情况,接下来我们会进一步了解他们之间的相互关系。环境规制是如何影响技术创新的,不同类型规制影响效应相对大小如何?接下来的这一章将进行具体介绍。

市场的需求对创新发挥着引导和制约的作用,而知识的积累利于创新的产生。在市场外,政府可以实施许多政策激励企业的创新活动。如对企业的新技术研发给予资金补助,对企业研发出的绿色新产品给予税收优惠等,当然政府也可以实施强制性的规制政策迫使企业改进技术以减少污染排放。环境规制主要通过界定环境资源产权、明确减排标准、确定环境资源定价和污染者付费制度等来纠正市场失灵,使环境资源外部成本内部化。企业迫于政府的规制政策带来明显的成本压力或得到经济激励将会积极进行技术创新。

政府实施环境规制措施,提高环保水平,会给予企业技术创新一定的政策和资金支持。实施环境规制政策可能对现有政策的效果会产生一定程度的影响,那么政府就需要对现有的政策规定进行逐渐地调整,从而制定与实施有助于环境保护的措施比如,给予使用清洁型能源、环保材料的企业一定的优惠措施,这些措施的实施将会促进企业的技术创新。实施规制措施后,要求企业减少废气、废水、废渣、粉尘等工业污染物排放量。追求利润最大化的企业为了污染物排放达标,将会改进生产工艺或提高污染治理水平。从而提高企业的收益,抵消由于环境规制所增加的环境成本。随着环境规制措施的进一步实行,社会整体的环保意识将不断的提高,人们的消费理念逐渐向着绿色消费转变。绿色消费理念会催生绿色消费需求,这种需求会促使绿色消费市场的形成。在这种情况下,会直接导致产品生产和技术创新活动的增加,从而可以帮助企业的增加综合竞争实力。

环境规制对技术创新也具有负面影响。首先是收益挤出效应。企业为了污染排放达标、减少污染物的排放,将缩小产能,从而造成收益的减少。其次是资金的挤出效应。对企业而言,要想进行大规模的技术创新活动,就必须投入一定的

研发资金，而规制要求企业将部分资金用于治理污染，提高了治理成本。挤出了用于研发投入的资金。最后是引发投资挤出效应。严格的环境规制会使得企业选择政策更为宽松的地区进行生产投资，从而导致环境标准低的地区的成为“污染避难所”。受严格环境规制的企业不得不面临着环境保护所带来的沉重负担，这将使得企业的投资和运营成本增加，导致企业在竞争中逐步失去其原有的竞争力，这时企业将会选择政策宽松地区重新投资生产。使该地区的投资和创新资金减少。环境规制对技术创新的影响总效应如图 4.1 所示

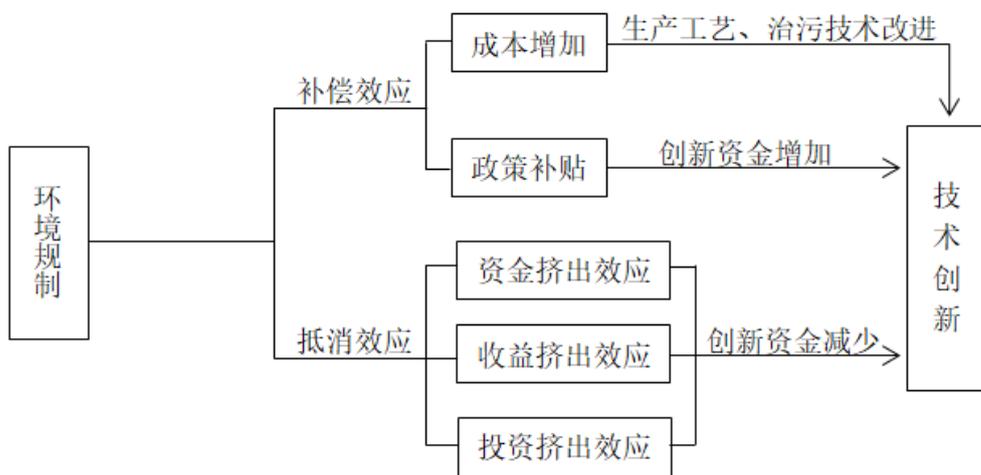


图 4.1 环境规制影响技术创新的总效应

4.2 不同环境规制对技术创新的机制分析

4.2.1 命令型规制对技术创新的影响机制分析

命令控制型环境规制在一定程度上起到了限制企业污染物的排放，比如在运营生产过程中产生的废气、废水以及一些废弃物，环境保护部门通过发布实施相关规章制度或行政命令来要求企业减少排污，企业管理部门会以某种规则来约束企业污染物排放的量，并实施奖励和惩罚措施以激励企业从自身处罚改进生产技术、更新生产设施以及淘汰老旧无用的机器设备等从源头上减少企业污染物排放的量，已达到相关部门规定的污染物排放标准。企业作为利益最大化的追求者，执行政府的命令型规制政策时，常常会采用以下两种方式使污染物的排放达标：

首先，企业面对规制的实行，可以提高污染治理的技术，使污染物经过相关处理后，可以达到排放的标准；其次企业可以改进生产工艺进而提高生产率，增加其收益。

具体效应如下，首先是治污技术进步效应，当政府部门实施规制政策限制污染排放时，企业就会增加对污染治理的投资，进而使排放的污染物能够达到环境部门所限定的标准，同时，用于治理污染排放物的资金投入将能够促进治污技术的连续创新，从而使得企业技术创新的动力得到增加。而且企业的创新技术可以为其带来收益，企业可以把通过资金投入研发出的可以使排污达标的新技术申请专利保护，在严格环境规制的政策下，会有部分企业经过比较自行研发成本和直接购买该企业创新成果的成本后，做出选择买此专利的决定，这将给它们带来较长一段时期的可观收益。这部分收益会促使企业进行技术创新，这就是环境规制的“治污技术进步效应”。

其次是生产创新效应，政府环境部门施行规制政策会设定污染物的排放上限，若果企业的污染排放超过了这个限制，那么其将面对相应的处罚措施，这样将会使企业为超过标准排污付出代价，使得它的生产成本上升，从而会促使企业自发的进行创新活动。企业生产技术的创新必然会带来企业生产设备设施的完善，从而减少企业生产污染物的排放，提高企业对现有资源的利用效率，减少浪费，促进企业实现生产的最大化，企业生产成本的最小化，而这些好处的实现均是由于企业自发进行的技术创新活动，因而将这个效用称之为“生产创新效应”。

4.2.2 市场型规制对技术创新的影响机制分析

市场激型环境规制是经济手段，主要借助市场机制来对企业的排污行为进行规制，政府利用市场并对市场进行引导来促使企业自发的进行技术创新活动以减少企业污染物的排放。下面分别介绍排污费和环境补贴制度。

排污收费制度是比较灵活的规制手段，对环境保护和环境质量的改善发挥了重要作用。它对企业技术创新的影响有以下两方面：一方面征收排污费会增加企业的生产成本，如果企业生产出的产品有着较高的市场占有率并且可以持续地带来收益，那么企业就会想发设法的参与创新，改进生产工艺，获得的利益用以抵

消由于缴纳排污费所增加的生产成本。

再者，假使企业可以预知由于排放环境污染物而增多的成本能够被抵消，但是这并不能为企业带来更加可观的效益，那么企业可以选择降低这一产品的产量，或者是不再继续生产该商品。企业产品生产量的减少后，其污染排放量也会相应减少，同样可以改善环境质量。同时，排污量的减少也会使得企业应缴的排污费减少，相应的成本费用也会下降，这将提高企业经营的积极性。排污费及相应成本费用的多少决定了企业是否愿意选择技术上的创新，当企业在技术上投入的成本小于实际应该缴纳的排污费金额时，企业会主动选择技术创新。

环境补贴是重要的规制手段，环境补贴主要是补助那些仅靠自身能力无法使污染物排放达标的企业，它们得到补助后可进行研发创新，进而实现达标排污。另一方面如果把企业视作环境资源的拥有者，那么这些企业会产生错误的想法，即认为其排污有关行为应由政府进行投资和治理，其排放的污染物越多，就可以获得更多的资金补助。若企业有此种预想，那么它们就不会自发地进行技术创新以使污染物排放达标。这时，如果大规模的运用补贴措施，那么技术创新效用也不会很高。

4.2.3 公众参与型环境规制影响技术创新的机理分析

公众参与型规制是自发型规制的一种。公众参与型规制指的是企业的排污行为受到社会公众的广泛监督，这将激励企业自发改进生产技术，从而达到排污标准。随着民众环保意识的提高，公众越来越倾向于食用和使用绿色产品，从而提高绿色产品上的购买力，为企业绿色产品的生产带来更多利润。追求利益最大化的企业为了实现自己的目标，让自己产品能够得到更多认可并占有更多市场，会进行绿色技术创新。另外，面对企业的违法排污行为，社会公众可以通过信访等方式进行举报监督，政府相关部门将对企业的违法排污行为进行处罚治理，从而促使企业改进技术，进行达标排放。

5.模型设计和实证分析

上一章在理论上对环境规制对绿色技术创新的影响机制效应进行了详细分析，接下来的第五章将进行实证分析。

5.1 模型说明

本文以科布道格拉斯生产函数为基础，构建模型。以技术创新（EI）作为因变量，以环境规制（ER）为核心解释变量，加上研发投入（RD）、技术市场化水平（TM）、劳动投入（L）、要素结构（FS）、城市化水平（URB）和资本投入（K）为自变量构建生产函数，来研究各种因素对技术创新的影响。

生产函数如下：

$$EI=f(ER,RD,TM,K,L,FS,URB)$$

进一步构建如下所示的计量模型：

$$\ln EI_{it} = \beta_1 \ln ER_{it} + \beta_2 \ln ER_{it}^2 + \beta_3 \ln RD_{it} + \beta_4 \ln TM_{it} + \beta_5 \ln K_{it} + \beta_5 \ln K_{it} + \beta_6 \ln L_{it} + \beta_7 \ln FS_{it} + \beta_8 \ln URB_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

同时，考虑到企业技术创新具有“创新培育创新”的正向累积特征，即一个地区的创新能力会受到上一期技术创新能力的影响，因此把滞后一期的企业技术创新指标 $EI_{i,t-1}$ 纳入模型。设计如下：

$$\ln EI_{it} = \beta_0 \ln ER_{i,t-1} + \beta_1 \ln ER_{it} + \beta_2 \ln ER_{it}^2 + \beta_3 \ln RD_{it} + \beta_4 \ln TM_{it} + \beta_5 \ln K_{it} + \beta_5 \ln K_{it} + \beta_6 \ln L_{it} + \beta_7 \ln FS_{it} + \beta_8 \ln URB_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5.2)$$

其中，i 代表省份，t 代表年份， EI_{it} 为企业技术创新指标，ER 是环境规制指标，RD、TM、K、L、FS、URB 分别代表研发投入、技术市场化水平、资本投入、劳动投入、要素结构和城市化水平。 ε_{it} 是随机误差项。

5.2 变量选取和数据来源

5.2.1 被解释变量

技术创新 (TP)。一般而言,企业的技术创新能力越强,那么每单位产出所消耗的能源、资源就越少,环境污染也就越小。对技术创新水平的度量,学者们大多用 R&D 投入、规模以上工业企业科技活动人员数等指标度量。虽然这些指标能在一定的程度上反映了技术创新水平,但是却存在着一定的缺陷。如 R&D 投入更多的反映了企业内部的自主创新能力,忽视了外部技术的作用。规模以上工业企业科技活动人员数虽能较好地反映技术创新水平,但忽略了未纳入统计的企业的创新能力。专利申请数量则是创新能力的直接体现,其中,专利申请授权数表示了该专利通过了国家认证,因此本文用专利申请授权数作为技术创新指标,以自然对数进入方程。

5.2.2 核心解释变量

环境规制强度 (ER) 用环境污染治理投资额衡量。环境污染治理投资额可以反映对环境污染进行规制的强度大小,因此选取其作为环境规制强度的衡量指标。对于命令控制型环境规制 (CER), 环境监测管理部门人员与环境监测中心站人员对企业生产行为进行监督管理, 确保其遵守环境政策规定, 因此选取环境监测管理部门人员数与环境监测中心站人员数之和来衡量。对于市场激励型环境规制 (MER), 通过进行环保项目投资激励企业保护环境, 改进生产技术, 提高生产效率, 选取当年完成环保验收项目环保投资来衡量。对于公众参与型环境规制 (PER), 人们可以通过向人大代表、政协委员反应企业的排污情况参与到环境保护中, 对企业生产行为进行监督, 因此, 选取人大建议数与政协提案数的总和来衡量。以上变量均以自然对数形式进入回归方程。

5.2.3 控制变量

研发投入 (RD), 研发投入是企业进行创新的条件之一, 其中包括研发研发

费用投入和研发人员的投入。而研发费用的投入对企业创新活动的进行有着重要的影响，本文选用研究与发展内部经费支出来度量。技术市场化水平（TM），选取技术市场成交额衡量。劳动投入（L），使用从业人员数衡量。要素结构（FS），要素结构直接决定工业行业环境技术调整意愿，本文用单位能源的资本数来衡量。城市化水平（URB）用城镇常住人口占年末总人口的比率来衡量。资本投入（K），用物质资本存量度量。参照张军等（2004）的方法，用永续盘存法计算物质资本存量。选取情况如表 5.1。

表 5.1 变量与指标选取情况表

	指标衡量方法
环境规制强度	环境污染治理投资额
命令控制型	环境监测管理部门人员数与环境监测中心站人员数之和
市场激励型	当年完成环保验收项目环保投资
公众参与型	人大建议数与政协提案数的总和
技术创新	专利申请授权数
研发投入	研究与试验发展经费内部支出
技术市场化水平	技术市场成交额
劳动投入	从业人员数
要素结构	单位能源资本数
城市化水平	人口城镇化率
资本投入	资本存量

5.2.4 数据来源

考虑到指标的连续性，本文选取了 30 个省份 2005—2017 年的平衡面板数据作为实证研究的数据集。西藏地区由于数据缺失严重，因此从样本中剔除。其他部分缺失数据用插值法补充。原始数据来源于《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国环境统计年报》、《中国环境年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、《中国劳动统计年鉴》以及各省份统计年鉴等。本文将我国划分为三大区域，如表 5.2。各变量描述性统计见表 5.3。

表 5.2 东中西部区域划分

区域	省份
东部	北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西、海南
中部	山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南
西部	重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆

表 5.3 各变量描述性统计分析

指标	变量	均值	标准差	最小值	最大值	样本数
技术创新	lnEI	9.185	1.613	4.369	12.715	390
环境规制强度	lnER	4.922	1.001	1.668	7.256	390
命令控制型	lnCER	5.251	1.036	2.398	8.410	390
市场激励型	lnMER	3.595	1.116	-0.693	6.083	390
公众参与型	lnPER	5.782	1.007	2.773	8.673	390
研发投入	lnRD	14.081	1.453	9.677	16.970	390
技术市场化水平	lnTM	13.019	1.788	8.585	17.619	390
劳动投入	lnL	7.561	0.816	5.673	8.820	390
要素结构	lnFS	7.763	0.461	6.575	8.808	390
城市化水平	lnURB	3.9360	0.2536	3.2910	4.3954	390
资本投入	lnK	10.095	0.887	7.633	11.932	390

5.3 实证分析

5.3.1 环境规制强度对技术创新的效应

为了克服动态面板模型估计所出现的内生性问题，减少样本偏误，选取 Sys-GMM 估计法用 Stata15.0 进行估计动态面板模型。表 5.4 报告了环境规制强度对技术创新的影响结果。

模型（1）至模型（5）为逐个加入变量时环境规制强度对技术创新的影响，从表 5.4 可以看出，逐个加入变量后，环境规制强度对技术创新的影响始终显著。五个模型中技术创新的一阶滞后变量均显著，表明环境规制强度对技术创新的影响有滞后性，技术创新具有累积效应。环境规制强度一次项显著为正，二次项为显著负，表明环境规制强度对技术创新的影响存在先促进后抑制的作用。可能的

原因是实施环境规制初期，企业会进行生产工艺的改进，进而产生补偿效应，有利于进行技术创新。当环境规制强度很大时，会大大增加企业的治污负担，挤占大量的用于创新的资金投入，从而抑制了创新。控制变量方面，研发投入、劳动投入、要素结构对技术创新都有着促进作用。

表 5.4 环境规制强度对技术创新的影响全样本估计结果

解释变量	模型 (1)	模型 (2)	模型 (3)	模型 (4)	模型 (5)
EI _{i, t-1}	0.8531*** (0.028)	0.8731*** (0.034)	0.8717*** (0.031)	0.8544*** (0.039)	0.8594*** (0.035)
ER	0.2718*** (0.098)	0.3102*** (0.098)	0.2987*** (0.092)	0.2974*** (0.096)	0.2899*** (0.093)
ER ²	-0.0278*** (0.009)	-0.0299*** (0.009)	-0.0282*** (0.009)	-0.0272*** (0.009)	-0.0264*** (0.009)
RD	0.1634*** (0.033)	0.1728*** (0.030)	0.1581*** (0.029)	0.1653*** (0.031)	0.1489*** (0.030)
TM	-0.027** (0.012)	-0.0331** (0.014)	-0.0238* (0.015)	-0.0262* (0.015)	-0.0266* (0.015)
K		-0.0633 (0.046)	-0.0910** (0.043)	-0.1197*** (0.041)	-0.1232*** (0.041)
L			0.0504*** (0.012)	0.0755*** (0.016)	0.0934*** (0.024)
FS				0.0795** (0.035)	0.0739** (0.033)
URB					0.0722 (0.080)
cons	-1.0587*** (0.225)	-0.7915** (0.308)	-0.7778*** (0.286)	-1.2274*** (0.414)	-1.3615*** (0.434)
AR(1)	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
AR(2)	0.803	0.788	0.780	0.768	0.755
Hansen-test	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Prob	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
样本数	360	360	360	360	360

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为相应变量的标准误差；Arellano-Bond 和 Hansen-test 给出显著性概率 P 值。

5.3.2 不同环境规制对技术创新的影响效应

表 5.5 中，模型（6）和（7）、（8）和（9）、（10）和（11）分别对应着命令控制型、市场激励型、公众参与型三种规制对技术创新的影响估计结果。模型（6）、（8）、（10）为固定效应模型估计结果，模型（7）、（9）、（11）为 Sys-GMM 模型估计结果。模型（6）至（11）中技术创新的一阶滞后变量系数均通过了 1% 的显著性检验，说明前期的技术创新影响当前的水平，证实了技术创新具有显著的累积效应。模型（7）、（9）、（11）三个模型中 Wald 的 P 值均为 0，说明具有显著性。AR（1）的值均小于 0.1，AR（2）的值均大于 0.1，说明差分后残差项存在显著的一阶序列自相关但不存在二阶序列自相关，模型设定在总体上可取。Hansen-test 的值全部为 1.000，说明工具变量的整体和子集有效，工具变量的总体构造合理。

表 5.5 三种环境规制对企业技术创新的影响全样本估计结果

解释变量	模型(6)	模型(7)	模型(8)	模型(9)	模型(10)	模型(11)
	Fe	Sys-GMM	Fe	Sys-GMM	Fe	Sys-GMM
$EI_{i,t-1}$	0.6841*** (0.049)	0.8463*** (0.046)	0.6733*** (0.053)	0.8344*** (0.062)	0.6684*** (0.051)	0.8354*** (0.042)
ER	0.1028 (0.121)	0.1813* (0.101)	0.0434 (0.044)	0.2154** (0.088)	0.0092 (0.085)	0.3318*** (0.116)
ER^2	-0.0116 (0.010)	-0.0178** (0.008)	-0.0066 (0.006)	-0.026** (0.012)	-0.0017 (0.008)	-0.0295*** (0.010)
RD	0.0736* (0.040)	0.1521*** (0.039)	0.0915** (0.041)	0.1843*** (0.039)	0.0882** (0.039)	0.1772*** (0.037)
TM	0.0034 (0.020)	-0.0200 (0.017)	0.0022 (0.021)	-0.0359** (0.015)	0.0046 (0.022)	-0.0302* (0.018)
K	0.4077*** (0.114)	-0.0373 (0.042)	0.4505*** (0.125)	-0.1195** (0.052)	0.4734*** (0.125)	-0.0896* (0.050)
L	-0.0142 (0.052)	0.0686*** (0.021)	0.0177 (0.058)	0.0950*** (0.027)	0.0053 (0.056)	0.1044*** (0.026)
FS	-0.2055* (0.124)	0.0805*** (0.028)	-0.3168** (0.124)	0.0944** (0.040)	-0.3393** (0.129)	0.0592* (0.034)
URB	0.5145** (0.249)	0.0192 (0.076)	0.3774 (0.252)	0.0795 (0.080)	0.3927 (0.255)	0.1065 (0.090)
cons	-2.6802*** (0.816)	-1.5770** (0.620)	-1.9463** (0.755)	-1.3944** (0.606)	-1.8417** (0.735)	-2.0806*** (0.610)

AR(1)		0.002		0.000		0.000
AR(2)		0.986		0.679		0.749
Hansen-test		1.000		1.000		1.000
Prob	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
样本数	360	360	360	360	360	360

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为相应变量的标准误差；Arellano-Bond 和 Hansen-test 给出显著性概率 P 值。

模型（7）、（9）、（11）中三种规制的一次项系数为正，二次项为负，且都显著。表明三种规制对技术创新有先促进后抑制的作用。参与型规制系数最大，表明其效力也最大，市场激励型次之，命令控制型则最弱。对于命令型规制来说，原因可能是政策实施后，企业为了生存，就要使其污染排放符合政府的要求。企业将改进生产工艺，提高治理水平，技术得到创新，使排放将达到标准。当规制措施更加严格时，由于其强制性，企业不得不将更多的资金等资源投入到污染治理部门，从而对用于研发投入的资金造成挤出，不利于创新。对于市场激励型规制来说，可能的原因是该政策给企业优惠和补贴，可以激发技术创新；市场激励型环境规制措施实施后，并没有及时进行调整，而得到激励后的企业，由于缺乏动力，不再进行创新。公众参与型环境规制系数最大，对技术创新的促进作用也最大。原因可能在于公众参与型环境规制虽然不具有强制性约束力，但是可以充分发挥公众的监督作用。环境状况与公众的生活息息相关，对美好生活的渴望是每个人的追求，如果企业违规排污，他们更容易发现并举报。企业迫于公众压力会进行生产工艺改进和技术研发，从而减少污染排放。但随着公众参与型环境规制的进一步实施，越来越多的公众将参与到环境保护中来，他们的环保意识也在逐渐地增加，这会使企业将更多的资金用于治理污染，从而会挤占较多的研发资金，技术创新受到抑制。

控制变量方面，三个模型中研发投入都显示出显著促进的作用。研发投入作为企业创新活动的一个十分关键的部分，发挥着实现创新的物质基础作用。研发投入的大量资金，将流向企业的研发机构以进行技术创新。技术市场化水平和资本投入表现出负向作用。三个模型中劳动投入的系数显著为正，原因可能是从业人员增加后，科技类人才也会增加，从而有利于创新的产出。要素结构均表现出显著的促进作用，扩大能源消耗更能增加利润，因而提高单位能源资本量可以促

进企业技术创新。城市化水平未表现出显著作用。

5.3.3 分地区的环境规制对技术创新的影响效应

考虑到我国东中西三个地区由于经济发展水平、政府执政水平和社会文化等方面存在差异，不同规制工具在这三个地区的激励效果及大小可能存在差异，因此进一步进行分地区回归，回归的结果如表 5.6、表 5.7、表 5.8 所示。

三个地区的不同环境规制工具对技术创新的影响结果中，技术创新的一阶滞后项系数全部显著为正，表明上期的技术创新成果对本期的技术创新起到促进作用。环境规制的一次项系数均为正，二次项系数均为负，说明其对技术创新的影响都具有先促进后抑制的作用。

东部地区公众参与型规制的一次项系数在 5%的水平上显著为正，其值为 0.3420，大于命令控制型规制的一次项系数 0.1230 及市场激励型规制的一次项系数 0.1190，表明公众参与型规制比命令型和市场型规制对技术创新的影响有更明显的促进作用。该系数也大于中部与西部地区的公众参与型规制一次项系数，表明该规制对东部地区技术创新的作用大于中部地区与西部地区。可能的原因是东部地区的经济发达，经济发展程度高，市场更加成熟，居民收入较高，收入较高的居民对生活质量 and 生活环境提出了较高的要求，因此，对于东部地区来说公众参与型规制发挥着较大的作用。

表 5.6 东部地区三种环境规制对技术创新的影响回归结果

解释变量	命令控制型 模型 (12)	市场激励型 模型 (13)	公众参与型 模型 (14)
$EI_{i,t-1}$	0.8867*** (0.027)	0.8642*** (0.0467)	0.9249*** (0.053)
ER	0.1230*** (0.041)	0.1190 (0.100)	0.3420** (0.170)
ER^2	-0.0130*** (0.004)	-0.0163 (0.014)	-0.0319** (0.015)
RD	0.1868*** (0.046)	0.2461*** (0.043)	0.2204*** (0.045)
TM	-0.0663*** (0.011)	-0.0866*** (0.007)	-0.0914*** (0.016)

L	0.1034*** (0.036)	0.1390*** (0.031)	0.1194** (0.048)
FS	0.0674 (0.046)	0.0818*** (0.031)	0.0228 (0.050)
URB	0.1934** (0.095)	0.2326** (0.102)	0.1842 (0.116)
K	-0.1132* (0.068)	-0.1845** (0.080)	-0.2035*** (0.074)
cons	-1.7680** (0.095)	-1.8690*** (0.604)	-1.6784* (1.0323)
AR(1)	0.002	0.002	0.002
AR(2)	0.025	0.147	0.036
Hansen-test	1.000	1.000	1.000
Prob	0.000	0.000	0.000
样本数	144	144	144

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为相应变量的标准误差；Arellano-Bond 和 Hansen-test 给出显著性概率 P 值。

中部地区市场激励型规制的一次项系数在 10%的水平上显著为正，其值为 0.2974，大于命令控制型规制的一次项系数 0.1493 及公众参与型规制的一次项系数 0.2181，表明市场激励规制比命令控制型和公众参与型规制对技术创新的影响有更明显的促进作用。该系数也大于东部与西部地区的市场激励型规制一次项系数，表明该规制对中部地区技术创新的作用大于东部地区与西部地区。随着近年来实施中部崛起战略，中部地区经济较快发展，其中相对宽松的环境政策吸引了较多企业由环境政策严格的东部地区迁往本地区，促进了本地区的经济发展。环境政策给予的优惠、补贴等激励措施发挥了主要作用，进而促进了企业的技术创新。

表 5.7 中部地区三种环境规制对技术创新的影响回归结果

解释变量	命令控制型 模型 (15)	市场激励型 模型 (16)	公众参与型 模型 (17)
$EI_{i,t-1}$	0.8303*** (0.043)	0.8483*** (0.025)	0.8388*** (0.028)
ER	0.1493 (0.239)	0.2974* (0.164)	0.2181** (0.110)
ER^2	-0.0140 (0.019)	-0.0342* (0.022)	-0.0249** (0.011)
RD	0.2061*** (0.064)	0.1315** (0.051)	0.2201*** (0.057)
TM	0.0115	0.0077	0.0153

	(0.019)	(0.020)	(0.016)
L	0.0592 (0.046)	0.1382*** (0.047)	0.1101*** (0.030)
FS	0.0483** (0.019)	0.0808*** (0.016)	0.0252 (0.022)
URB	-0.1477 (0.145)	0.0124 (0.177)	-0.1863** (0.091)
K	-0.0750** (0.030)	-0.1496*** (0.030)	-0.0839*** (0.028)
cons	-1.2237 (1.152)	-1.2411* (0.826)	-1.5508*** (0.580)
AR(1)	0.008	0.006	0.006
AR(2)	0.429	0.351	0.373
Hansen-test	1.000	1.000	1.000
Prob	0.000	0.000	0.000
样本数	108	108	108

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为相应变量的标准误差；Arellano-Bond 和 Hansen-test 给出显著性概率 P 值。

西部地区命令控制型规制的一次项系数为 0.3684，大于市场激励型规制的一次项系数及公众参与型规制的一次项系数，表明命令控制型规制比市场激励型和公众参与型规制对技术创新的影响有更大的作用。该系数也大于东部与中部地区的公众参与型规制一次项系数，表明该规制对西部地区技术创新的作用大于东部地区与中部地区。西部地区市场型规制的一次项系数显著为正，表明该规制对技术创新发挥着显著的促进作用。可能的原因是西部地区经济发展相对欠发达，在环境政策上，政府的命令型规制等政策仍发挥着较大作用。另外其规制政策也较为宽松，因此也承接了部分企业的转移，因此激励型政策对技术创新表现出了显著的促进作用。

表 5.8 西部地区三种环境规制对技术创新的影响回归结果

解释变量	命令控制型 模型 (18)	市场激励型 模型 (19)	公众参与型 模型 (20)
$EI_{i,t-1}$	0.7204*** (0.073)	0.6864*** (0.077)	0.6480*** (0.080)
ER	0.3684 (0.3489)	0.1386** (0.063)	0.1822 (0.279)
ER^2	-0.0343 (0.027)	-0.0248*** (0.008)	-0.0160 (0.026)
RD	0.0693	0.0736* (0.036)	0.0724 (0.036)

	(0.055)	(0.044)	(0.059)
TM	-0.0045 (0.020)	-0.0074 (0.021)	-0.0034 (0.026)
L	0.2624*** (0.089)	0.2901*** (0.105)	0.3468** (0.136)
FS	-0.1202 (0.100)	-0.1605 (0.140)	-0.1763 (0.196)
URB	0.8807*** (0.314)	0.9735** (0.419)	1.1302** (0.545)
K	0.1463** (0.073)	0.1856** (0.075)	0.1789* (0.096)
cons	-5.0169*** (1.582)	-4.5909** (1.904)	-5.4662*** (2.003)
AR(1)	0.039	0.032	0.032
AR(2)	0.592	0.541	0.537
Hansen-test	1.000	1.000	1.000
Prob	0.000	0.000	0.000
样本数	108	108	108

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为相应变量的标准误差；Arellano-Bond 和 Hansen-test 给出显著性概率 P 值。

控制变量方面，研发投入对技术创新都具有正向作用，且东部地区与中部地区作用显著。西部地区市场激励型规制对技术创新的影响回归结果中表现出显著作用。劳动投入对技术创新的影响都具有显著作用。这表明劳动投入和研发资金的投入能够有效地促进技术创新的过程。东部地区与中部地区中资本存量对技术创新的影响具有负向作用，西部地区表现出促进作用。可能的原因是西部地区环境规制政策宽松，资本存量在此背景下能发挥出应有的促进作用。

5.4 拓展性探讨：门槛效应分析

环境规制对技术创新的影响很有可能是复杂的、非线性的，为了进一步研究三种环境规制与企业技术创新的关系，下面构建非线性面板门槛模型考察环境规制对技术创新的门槛效应。借鉴 Hansen (1999) 的面板门槛思想，以经济规模 (lnGDP) 作为门槛变量，构建门槛回归模型。假设存在 k 个门槛，则环境规制对技术创新的效应会被截取为 k+1 段，如下所示：

$$\ln EI_{it} = \alpha + \delta_1 \ln ER_{it} (\ln GDP \leq \lambda_1) + \delta_2 \ln ER_{it} (k_2 < \ln GDP \leq \lambda_2) + \dots + \delta$$

$$k+1 \ln ER_{it} (\lambda_k < \ln GDP) + \gamma X + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}$$

其中，式（2）中， ER_{it} 依次为环境规制强度（ER）、命令控制型环境规制（CER）、市场激励型环境规制（MER）、公众参与型环境规制（PER）。 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ 为待估算的门槛值。 δ_k 代表经济规模跨过第k-1个门槛后，环境规制对技术创新的影响效应。

为了检验门槛效应存在性及门槛个数，借鉴 Hansen（1999）的做法，采用 Bootstrap “自抽样”模拟 F 量的渐近分布，通过反复抽样 300 次得到门槛效应检验的 F 值和 P 值，结果见表 5.9。由表 5.9 可以发现，环境规制强度及三种类型环境规制的单门槛效应显著。这说明环境规制强度及三种类型环境规制对绿色技术创新的影响存在单一门槛。相应门槛效应回归结果见表 5.10。

由表 5.10 可知，环境规制强度对技术创新的影响在跨过门槛后，促进作用提高，可能的原因是当该地区经济发展到一定阶段前，收入水平渐渐提高的人们逐渐对环境质量提出需求。企业得到一定的政策补贴，加大研发投入，改进生产工艺，创新补偿效应显现。当经济达到更高阶段后，市场机制更加完善，人们提出了高质量的环境需求，消费理念也转向绿色，此时企业主动进行技术创新，创新补偿效应大于抵消效应，技术创新水平不断提高。命令控制型环境规制对技术创新的影响在跨过门槛后，促进作用相对减小，可能的原因是在强制规定下，企业需提高治污水平，抵消了部分创新效应。市场激励型和公众参与型环境规制的回归系数不显著。

表 5.9 基于全国层面的面板门槛效应检验

	门槛类型	F 值	P 值	Bootstrap 次数	临界值		
					10%	5%	1%
环境规制强度	单一门槛	35.21**	0.0467	300	26.5647	33.0138	37.9658
	双重门槛	15.69	0.2433	300	23.4021	29.2662	43.5909
	三重门槛	9.94	0.5733	300	28.7477	37.2699	54.6885
命令控制型	单一门槛	31.64*	0.0700	300	29.4709	34.5754	55.4270
	双重门槛	18.57	0.2633	300	29.9314	40.8251	58.0100
	三重门槛	6.09	0.7900	300	31.7605	39.6071	52.0152
市场激励型	单一门槛	30.21*	0.0533	300	26.4518	30.6329	43.0178
	双重门槛	21.51	0.0800	300	22.7266	28.2104	42.6946
	三重门槛	8.00	0.6800	300	35.9825	47.3172	61.7886

公众参与型	单一门槛	28.86*	0.0500	300	24.6694	33.8485	45.8165
	双重门槛	19.29	0.1700	300	22.7761	30.3518	42.0576
	三重门槛	9.16	0.6333	300	23.6975	32.3498	49.6564

注：*、**分别代表在 10%、5%的水平上显著。

表 5.10 基于全国层面的面板门槛模型回归估计结果

环境规制强度		命令控制型	
门槛区间	回归系数	门槛区间	回归系数
单门槛	lnGDP ≤	0.1299*	0.1764***
	9.5184	(0.007)	7.5462 (0.035)
	lnGDP >	0.1785**	0.0675**
9.5184	(0.073)	7.5462 (0.029)	
市场激励型		公众参与型	
门槛区间	回归系数	门槛区间	回归系数
单门槛	lnGDP ≤	-0.0106	-0.0236
	9.5784	(0.027)	9.5043 (0.017)
	lnGDP >	0.049	0.0007
9.5784	(0.033)	9.5043 (0.019)	

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著；括号内为相应的标准误差。

6.结论和政策建议

本文研究发现，环境规制强度、命令控制型、市场激励型和公众参与型规制对技术创新有着先促进后抑制的作用，全国层面的分析中公众参与型规制对技术创新的作用明显大于控制型和市场激励型。从不同地区的角度来看，东部地区的经济发达，经济发展程度高，市场更加成熟，居民收入较高，收入较高的居民对生活质量 and 生活环境提出了较高的要求，因此，对于东部地区来说公众参与型规制发挥着较大的作用。中部地区经济较快发展，其中相对宽松的环境政策吸引了较多企业由环境政策严格的东部地区迁往本地区，促进了本地区的经济发展。环境政策给予的优惠、补贴等激励措施发挥了主要作用，进而促进了企业的技术创新。因而市场激励型环境规制对中部地区有更显著的促进效果。西部地区经济发展相对欠发达，在环境政策上，政府的命令型规制等政策仍发挥着较大作用，因而命令控制型环境规制对西部地区有更显著的促进效果。

环境规制强度对绿色技术创新有单一的门槛效应，而三种类型的环境规制对

绿色技术创新有影响。技术创新还具备累积效应，本期技术创新效应还收到上一期的影响。另外，研发投入能促进技术创新。研发投入作为企业创新活动的一个十分关键的部分，发挥着实现创新的物质基础作用，研发资金将会被用于新技术的研发活动以进行技术创新。劳动投入也可以促进技术创新，从业人员增加后，科技类人才也会增加，从而有利于创新的产出。

经过以上讨论分析，本文给出以下建议：

(1) 合理加强环境规制强度，优化组合环境规制类别。目前环境规制实施中还存在资源转化效率低等问题，这对规制实施有一定限制。因此可以学习先进经验，建立全面民主的环境规制体系；也要多部门协调发展，构建共同治理的环境规制机制；还应因地制宜，着手提升环境规制机制的自主性。

相比于其他类型，命令型规制可以用于全部的企业，使得企业能够提高科技水平减少污染物的排放。该规制由政府的命令直接干预，所以具有见效快的特点。正是由于该规制的实施有着效率较高的优点，能够较快的使企业减少排污，改善环境水平，因而政府可以着重使用。与命令控制型规制有所区别，市场激励型机制对创新有积极影响，可以给企业带来一定的收益，会使得企业主动的加入保护环境的活动。企业拥有了更多的自主权利，可以制定适当的决策，采取更有效的污染治理技术，因而可以降低成本，释放出用于研发的资金，生产效率也可以的得到较大提高。然而从目前来看，这一政策虽对企业技术创新有推动作用，但仍可以继续提高以充分发挥对创新的积极作用，因此需要积极引导创新观念。公众参与型规制方面，不断深化公众参与程度，确保公众可以了解相关信息，为完善相关制度的不足充分提出宝贵的建设性意见，如此既能让公众更加有效率的参与其中，又能修改完善本制度的不足，从而能够提升执行效率。

(2) 目前只靠单一的力量来解决环境问题显然不是最佳选择，需借助政府及市场双方的力量来有效的处理环保实践当中存在的各种问题。政府可以以法律形式进一步明确公众环境参与权，建立健全公众参与环境治理的绿色通道。通过媒体宣传，可以起到更好的宣传作用，从而达到人们群众保护环境的积极性，利用网络平台，电话，等多渠道进行监督，设立举报奖励机制，让人们更积极的参与其中，让污染环境的企业无处藏身。创新才能使企业更好的发展，所以政府

要把创新摆在重要位置，积极引导企业走好创新之路。在环境保护中，要加大技术创新的投入，利用好产学研一体化，培养好创新人才。作为环保中最重要的组成，企业要特别注重自我环保意识，努力担起社会中应该承担的责任，力争在污染的根本解决上解决环境问题。政府需要建立促进产业结构调整长效机制，推进产业结构合理化和高级化。以供给侧结构性改革为指导，使企业完成从资源型向技术和品牌化转化，增加企业的竞争优势和减少企业的环境污染。

(3) 政府在制定政策时，要做到多方兼顾，不仅要兼顾到差异化规制政策对企业创新的影响，还要考虑东中西部地区间的差异和实际情况，制定有利于引导本地区企业技术创新的环境规制政策。尽管市场型和命令型规制可以让企业加强技术创新，但是从第五章的实证分析来看，东部地区应采取参与型规制手段。因为从效果方面来说公众参与环境规制比另两种环境规制更佳。东部地区经济较为发达，发展速度也较快，其优势更加突出。由于东部地区经济发展势头较好且较为稳定，所以当地居民的生态意识较强，更加讲究环保。这将促使企业减少污染排放量，在这种情况下，社会公众更加积极地参与到环境保护当中。对于中部地区来说，采取市场型环境规制手段则是更好的。中部地区亦可以利用自己独特的地理位置优势，对东部地区技术创新与企业管理优势做到引进再创新，进而促进本地区企业自主稳步向前发展。对于西部地区来说，应将命令型环境规制作为重点实施政策，因其能发挥更加显著的效用，而市场型环境规制政策应作为其辅助政策来执行。因为就落后的西部地区而言，经济的不发达严重制约着企业的转型升级与深化改革。西部地区的发展重点应放在如何提高企业投资额度，增加企业多种融资方式可以学习东部地区和国外先进的管理经验，投入更多的研发经费，刺激企业以及个人积极投入创新活动当中，引导企业积极的进行技术创新。

参考文献

- [1] 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,2009,19(06):85-90.
- [2] 原毅军,谢荣辉.环境规制的产业结构调整效应研究——基于中国省际面板数据的实证检验[J].中国工业经济,2014(08):57-69.
- [3] 傅京燕,李丽莎.FDI、环境规制与污染避难所效应——基于中国省级数据的经验分析[J].公共管理学报,2010,7(03):65-74+125-126.
- [4] 张成,于同申,郭路.环境规制影响了中国工业的生产率吗——基于 DEA 与协整分析的实证检验[J].经济理论与经济管理,2010(03):11-17.
- [5] 陆旸.环境规制影响了污染密集型商品的贸易比较优势吗?[J].经济研究,2009,44(04):28-40.
- [6] 张成,陆旸,郭路,于同申.环境规制强度和生产技术进步[J].经济研

- 究,2011,46(02):113-124.
- [7] 李珊珊.环境规制对异质性劳动力就业的影响——基于省级动态面板数据的分析[J].中国人口·资源与环境,2015,25(08):135-143.
- [8] 刘和旺,郑世林,王宇锋.环境规制阻碍了中国企业技术创新吗[J].产业经济评论,2016(03):91-105.
- [9] 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(07):44-55.
- [10] 柴泽阳,孙建.中国区域环境规制“绿色悖论”研究——基于空间面板杜宾模型[J].重庆工商大学学报(社会科学版),2016,33(06):33-41.
- [11] 柴泽阳,杨金刚,孙建.环境规制对碳排放的门槛效应研究[J].资源开发与市场,2016,32(09):1057-1063.
- [12] 何雄浪,陈锁.环境规制促进还是抑制了技术创新?——基于空间溢出效应的视角[J].金融与经济,2020(01):50-57.
- [13] 张平,张鹏鹏,蔡国庆.不同类型环境规制对企业技术创新影响比较研究[J].中国人口·资源与环境,2016,26(04):8-13.
- [14] 原毅军,谢荣辉.环境规制的产业结构调整效应研究——基于中国省际面板数据的实证检验[J].中国工业经济,2014(08):57-69.
- [15] 刘明玉,袁宝龙.环境规制与绿色创新效率的空间异质效应——基于长江经济带工业企业数据[J].财会月刊,2018(24):144-153.
- [16] 黄清煌,高明,吴玉.环境规制工具对中国经济增长的影响——基于环境分权的门槛效应分析[J].北京理工大学学报(社会科学版),2017,19(03):33-42.
- [17] 蔡乌赶,李青青.环境规制对企业生态技术创新的双重影响研究[J].科研管理,2019,40(10):87-95.
- [18] 项保华.关于企业技术开发的现状、问题及其策略的研究[J].科研管理,1989(04):21-26.
- [19] 傅家骥.对技术经济学研究对象的想法[J].工业技术经济,1992(01):1-4.
- [20] 张明慧,李永峰.论企业技术创新[J].工业技术经济,2003(04):19-21.
- [21] 李平,慕绣如.环境规制技术创新效应差异性分析[J].科技进步与对

- 策,2013,30(06):97-102.
- [22] 王班班.环境政策与技术创新研究述评[J].经济评论,2017(04):131-148.
- [23] 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(04):49-59.
- [24] 王鹏,尤济红.中国环境管制效果的评价研究——基于工业绿色发展的一个空间视角[J].经济社会体制比较,2016(05):25-42.
- [25] 孙伟,江三良.环境规制与政府投入的创新效应研究[J].华东经济管理,2015,29(12):106-111.
- [26] 黄德春,刘志彪.环境规制与企业自主创新——基于波特假设的企业竞争优势构建[J].中国工业经济,2006(03):100-106.
- [27] 廖中举,程华.企业技术创新激励措施的影响因素及绩效研究[J].科研管理,2014,35(07):60-66.
- [28] 王锋正,郭晓川.环境规制强度、行业异质性与 R&D 效率——源自中国污染密集型与清洁生产型行业的实证比较[J].研究与发展管理,2016,28(01):103-111.
- [29] 李巍,郝永勤.创新驱动低碳发展了吗?——基础异质和环境规制双重视角下的实证研究[J].科学学与科学技术管理,2017,38(05):14-26.
- [30] 廖瑞斌.集聚区的环境规制、技术进步与企业绩效[J].经济问题,2016(01):49-55+107.
- [31] 余伟,陈强,陈华.环境规制、技术创新与经营绩效——基于 37 个工业行业的实证分析[J].科研管理,2017,38(02):18-25.
- [32] 郭进.环境规制对绿色技术创新的影响——“波特效应”的中国证据[J].财贸经济,2019,40(03):147-160.
- [33] 黄平,胡日东.环境规制与企业技术创新相互促进的机理与实证研究[J].财经理论与实践,2010,31(01):99-103.
- [34] 曹霞,张路蓬.环境规制下企业绿色技术创新的演化博弈分析——基于利益相关者视角[J].系统工程,2017,35(02):103-108.
- [35] 赵红,谷庆.环境规制、引致 R&D 与全要素生产率[J].重庆大学学报(社会

- 科学版),2015,21(05):23-34.
- [36]叶祥松,彭良燕.我国环境规制下的规制效率与全要素生产率研究:1999-2008[J].财贸经济,2011(02):102-109+137.
- [37]解垚.环境规制与中国工业生产率增长[J].产业经济研究,2008(01):19-25+69.
- [38]徐鸿翔,韩先锋,宋文飞.环境规制对污染密集产业技术创新的影响研究[J].统计与决策,2015(22):135-139.
- [39]江珂,卢现祥.环境规制与技术创新——基于中国1997—2007年省际面板数据分析[J].科研管理,2011,32(07):60-66.
- [40]刘章生,宋德勇,刘桂海.环境规制对制造业绿色技术创新能力的门槛效应[J].商业研究,2018(04):111-119.
- [41]陶长琪,琚泽霞.金融发展视角下环境规制对技术创新的门槛效应——基于价值链理论的两阶段分析[J].研究与发展管理,2016,28(01):95-102.
- [42]于鹏,李鑫,张剑,薛雅伟.环境规制对技术创新的影响及其区域异质性研究——基于中国省级面板数据的实证分析[J].管理评论,2020,32(05):87-95.
- [43]姚小剑,何珊,杨光磊.强度维度下的环境规制对绿色技术进步的影响[J].统计与决策,2018,34(06):78-82.
- [44]许庆瑞,王伟强,吕燕.中国企业环境技术创新研究[J].中国软科学,1995(05):16-20.
- [45]邱玉霞,郭景先.环境规制与技术创新:基于不同类型环境规制的比较分析[J].企业经济,2017,36(06):157-164.
- [46]彭星,李斌.不同类型环境规制下中国工业绿色转型问题研究[J].财经研究,2016,42(07):134-144.
- [47]吕永龙,梁丹.环境政策对环境技术创新的影响[J].环境污染治理技术与设备,2003(07):89-94.
- [48]殷秀清,张峰.环境规制、技术创新与制造业能源消费结构均衡度演变[J].统计与决策,2019,35(24):114-118.
- [49]陶静,胡雪萍,王少红.环境规制影响经济增长质量的技术创新路径[J].华东经济管理,2020,34(12):48-56.

- [50]李丹青,钟成林,胡俊文.环境规制、政府支持与绿色技术创新效率——基于 2009—2017 年规模以上工业企业的实证研究[J].江汉大学学报(社会科学版),2020,37(06):38-49+125.
- [51]李春.环境规制对技术创新的影响分析——基于 2005~2017 年我国省际面板数据的实证研究[J].国土与自然资源研究,2020(05):29-32.
- [52]李瑞前.环境规制能否促进技术创新?——基于文献统计视角[J].干旱区资源与环境,2020,34(07):54-61.
- [53] 盛鹏飞,魏豪豪.环境规制与中国工业部门的全球价值链提升——基于“波特假说”的再检验[J].现代财经(天津财经大学学报),2020,40(07):85-98.
- [54]周茜,葛扬.环境规制约束能倒逼我国产业技术创新吗——基于 Lagrange 函数模型的分析与讨论[J].贵州财经大学学报,2019(06):36-43.
- [55]丁昕,何宜庆.环境规制、融资约束与技术创新:抑制还是促进?——基于调节效应的异质性研究[A].中国管理现代化研究会、复旦管理学奖励基金会.第十四届(2019)中国管理学年会论文集[C].中国管理现代化研究会、复旦管理学奖励基金会:中国管理现代化研究会,2019:17.
- [56]郭捷,杨立成.环境规制、经济发展水平对技术创新的影响研究——以我国民族八省区为例[J].南京财经大学学报,2019(05):45-54.
- [57]朱金生,李蝶.技术创新是实现环境保护与就业增长“双重红利”的有效途径吗?——基于中国 34 个工业细分行业中中介效应模型的实证检验[J].中国软科学,2019(08):1-13.
- [58]石华平,易敏利.环境规制与技术创新双赢的帕累托最优区域研究——基于中国 35 个工业行业面板数据的经验分析[J].软科学,2019,33(09):40-45+59.
- [59]冀晓宁.环境规制、技术创新与工业结构高度化关系研究[D].辽宁大学,2019.
- [60]游达明,邓颖蕾.企业清洁技术创新水平及其影响因素的区域差异——基于市场型环境规制视角[J].湖南农业大学学报(社会科学版),2019,20(02):62-67.
- [61]张永旺,宋林.环境规制与创新的出口质量效应——技术开发与技术改造谁扮演了更重要的角色[J].经济科学,2019(02):53-65.
- [62]张峰,史志伟,宋晓娜,闫秀霞.先进制造业绿色技术创新效率及其环境规制门

- 槛效应[J].科技进步与对策,2019,36(12):62-70.
- [63]朱金梦. 环境规制、技术创新与企业全要素生产率[D].浙江大学,2018.
- [64]黄新华,于潇.环境规制影响经济发展的政策工具检验——基于企业技术创新和产业结构优化视角的分析[J].河南师范大学学报(哲学社会科学版),2018,45(03):42-48.
- [65]黄子芷. 环境规制对污染密集型产业技术创新的影响研究[D].重庆大学,2018.
- [66]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(01):115-122.
- [67]胡雪萍,陶静.供给侧结构性改革下环境规制对绿色技术创新的影响——基于30个省市动态面板数据的实证分析[J].福建论坛(人文社会科学版),2018(01):44-53.
- [68]叶琴,曾刚,戴劲勍,王丰龙. 不同环境规制工具对节能减排技术创新的影响——基于中国285个地级市的面板数据[A]. 中国地理学会经济地理专业委员会.2017年中国地理学会经济地理专业委员会学术年会论文摘要集[C].中国地理学会经济地理专业委员会:中国地理学会,2017:1.
- [69]秦晓蓓. 河北省环境规制对技术创新的非线性影响[D].天津财经大学,2017.
- [70]许水平,邓文涛,赵一澍.环境规制、技术创新与全要素生产率——基于对“波特假说”的实证检验[J].企业经济,2016,35(12):19-27.
- [71]王树乔,王惠,侍建旻,王敏.环境规制、FDI与技术创新关系再审视——江苏制造业样本的经验研究[J].中国科技论坛,2016(06):43-48.
- [72]张扎根. 环境规制对技术创新的影响[D].南京信息工程大学,2016.
- [73]宋晓薇.金融资源空间配置对区域绿色技术创新的作用机制研究——基于半参数下的空间变系数MGWR模型分析[J].江西师范大学学报(自然科学版),2016,40(03):251-257.
- [74]Porter M E . America's Green Strategy[J]. Scientific American, 1991, 264(4):p 193-246.

- [75]Porter M E , Linde C V D . Towards a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship[J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 4(4):97-118.
- [76]Porter M E , Linde C V D . Green and competitive: ending the statebate[J]. Harvard Business Review, 1995, 73.
- [77]Adam B. Jaffe,Karen Palmer. Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study[J]. The Review of Economics and Statistics,1997,79(4).
- [78]Lanjouw J O , Mody A . Stimulating Innovation and the International Diffusion of Environmental Responsive Technology[J]. Research Policy, 1996, 25(4):549-571.
- [79]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.
- [80]Hamamoto M . Environmental regulation and the productivity of Japanese manufacturing industries[J]. Resource & Energy Economics, 2006, 28(4):299-312.
- [81]Guo L L , Qu Y , Tseng M L . The interaction effects of environmental regulation and technological innovation on regional green growth performance[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 162(sep.20):894-902.
- [82]Palmer K , Portney O P R . Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No-Cost Paradigm?[J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4):119-132.
- [83]Thomas J. Dean,Robert L. Brown. Pollution Regulation as a Barrier to New Firm Entry: Initial Evidence and Implications for Future Research[J]. The Academy of Management Journal,1995,38(1).
- [84]Kemp R , Pontoglio S . The innovation effects of environmental policy instruments — A typical case of the blind men and the elephant?[J]. Ecological Economics, 2011, 72(Dec.):28-36.
- [85]Calel R . Market-based instruments and technology choices: a synthesis[J]. Ssrn Electronic Journal, 2011.

[86]Magat W A . Pollution control and technological advance: A dynamic model of the firm[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1978, 5(1):1-25.

[87]Milliman S R , Prince R . Firm incentives to promote technological change in pollution control[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1989, 22(3):247-265.

致谢

光阴似箭，日月如梭，不知不觉三年的硕士研究生生活即将结束。三年来，经历了很多，收获也有很多。感谢三年来给予过我帮助的每个人，你们的帮助解决了我的疑惑，让我能够顺利地完成学业。

首先，我要感谢我的恩师陈冲老师，感谢陈老师这三年来对我的悉心教导，对我在学习和生活上的帮助！在这篇硕士论文的写作过程中，陈老师也给予了我

非常大的帮助。从一开始的选题到文章的写作过程，陈老师都很耐心的指导我，尤其是在修改过程中，陈老师和蔼可亲的指导和鼓励，让我备受鼓舞，顺利地完成了论文的写作。在这里，我要感谢陈老师对我的指导！正是陈老师悉心地关怀和教导，让我收获颇多。

其次，我要感谢经济学院的老师们。感谢张存刚老师、杨迎军老师、刘建国老师、赵永平老师、赵桂婷老师、何业嘉老师等，你们的悉心教导，让我学到了更多的知识。我也要感谢郭燕老师对我的关心和帮助，谢谢！

再次，我要感谢侯小雪同学、霍雨德同学、张璇同学、吴旭同学、周旺同学，室友曹稳健同学，谢谢你们在学习和生活中对我的鼓励和帮助；同时，我也要感谢刘达师兄、吴炜聪师兄、徐艺嘉师姐、郭媚媚同学、曹曼曼同学、朱苗同学、孙永驰师弟、王星星师妹，谢谢你们曾经的陪伴和帮助。

最后，我也非常感谢我的父母和朋友们，感谢你们对我的鼓励、关心和照顾，谢谢你们！