

# 空气污染与企业绿色创新

## ——基于我国重污染行业A股上市公司的经验证据

马永强<sup>1</sup>,赵良凯<sup>1</sup>,杨华悦<sup>2</sup>,唐国琼<sup>1</sup>

(1.西南财经大学会计学院,四川成都 611130;2.长江证券财务总部,湖北武汉 430000)

**摘要:**近年来,我国的空气污染问题突出,严重影响着企业的经营决策。空气污染如何影响企业绿色创新?会给企业带来怎样的经济后果?采用2014—2018年中国重污染行业A股上市公司的绿色专利数据,实证检验了空气污染对企业绿色创新的影响及其经济后果。研究发现:第一,空气污染显著提高了重污染行业上市公司的绿色专利申请量,但只是绿色实用新型专利申请量显著增加;第二,空气污染对重污染行业上市公司绿色专利申请量的影响在国有企业、有官员晋升省份的企业中更显著;第三,政府治理空气污染压力是空气污染促进企业绿色创新的影响机制;第四,绿色专利申请量和绿色实用新型专利申请量的增加都显著降低了重污染行业上市公司的排污费;第五,在进行稳健性检验和控制内生性问题后,结论依然成立。研究结论拓展了空气污染对微观企业行为影响的研究领域,丰富了企业绿色创新影响因素的理论文献,也厘清了空气污染影响企业绿色创新的潜在作用机制。

**关键词:**空气污染;空气质量指数;绿色创新;绿色发明专利;绿色实用新型专利;政府治理空气污染压力

中图分类号:F273;F062.9 文献标志码:A 文章编号:1671-9301(2021)06-0116-13

DOI:10.13269/j.cnki.ier.2021.06.009

### 一、引言

改革开放以来,我国经济高速发展,GDP总量跃居世界第二,而以高消耗、高污染为特征的低质量经济增长模式破坏了我国生态环境,环境污染隐患逐渐显现。2013年,我国出现了持续大规模的雾霾天气,雾霾涉及了17个省(市、自治区),覆盖范围接近四分之一的国土面积,影响人口约6亿<sup>①</sup>。这场持续时间长、影响范围广、污染程度严重的雾霾引发了全社会的广泛关注。同时,根据《2013年中国环境状况公报》,按照新的《环境空气质量标准》对SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、CO、O<sub>3</sub>等6项污染物进行评价,74个执行新标准监测的城市中空气质量达标城市仅有海口市、舟山市和拉萨市,所占比例仅为4.1%<sup>②</sup>。

面对严峻的空气污染形势,党中央、国务院对大气污染防治进行战略部署,先后颁布《大气污染防治行动计划》《打赢蓝天保卫战三年行动计划》等,明确我国大气污染防治工作的总体思路、基本

收稿日期:2021-07-05;修回日期:2021-10-11

**作者简介:**马永强(1975—),男,河南汝州人,管理学博士,西南财经大学会计学院教授、博士生导师,研究方向为资本市场财务与会计;赵良凯(1994—),男,山东烟台人,通讯作者,西南财经大学会计学院博士研究生,研究方向为企业创新;杨华悦(1995—),女,四川成都人,管理学硕士,长江证券财务总部分公司财务,研究方向为企业创新;唐国琼(1963—),女,四川资阳人,管理学博士,西南财经大学会计学院教授、硕士生导师,研究方向为资本市场财务与会计。

**基金项目:**国家自然科学基金重点国际合作研究项目(72010107001);国家自然科学基金面上项目(71872151)

目标和主要任务。其中,《大气污染防治行动计划》对重点行业、重点地区的空气污染物制定了数字化减排任务,将各类污染物强制性的排放标准纳入政府的政绩考核,明确了未达标的后果,具有高压威慑的特点<sup>[1]</sup>。在空气污染治理压力下,政府提出要把创新和科技进步作为转变经济发展方式的重要抓手<sup>[2]</sup>,倡导各企业进行绿色转型。作为“创新驱动”和“绿色发展”的融合点,绿色创新能够直接作用于污染物排放<sup>[3]</sup>,成为企业绿色转型的主要方式。

但是,绿色创新具有“双重外部性”<sup>[4]</sup>、高风险性<sup>[5-8]</sup>,同时,相较于绿色实用新型专利,绿色发明专利具有审查手续复杂、审查时间长、研发前期投入多、研发成果转化周期长、研发结果不确定等特点。在这种情况下,空气污染会如何影响重污染行业中企业的绿色创新?企业进行绿色创新会带来怎样的经济后果?

本文采用2014—2018年中国重污染行业A股上市公司的绿色专利数据,实证检验了空气污染对企业绿色创新的影响及其经济后果。研究发现:第一,空气污染显著提高了重污染行业上市公司的绿色专利申请量,但只是绿色实用新型专利申请量显著增加;第二,空气污染对重污染行业上市公司绿色专利申请量的影响在国有企业、有官员晋升省份的企业中更显著;第三,政府治理空气污染压力是空气污染促进企业绿色创新的影响机制;第四,绿色专利申请量和绿色实用新型专利申请量的增加都显著降低了重污染行业上市公司的排污费;第五,在进行稳健性检验和控制内生性问题后,本文的结论依然成立。

本文可能的边际贡献有:第一,拓展了空气污染对微观企业行为影响的研究领域。目前,鲜有文献直接研究空气污染与企业创新之间的关系<sup>[9-10]</sup>,本文创新性地从绿色创新视角研究了空气污染的经济后果。第二,丰富了企业绿色创新影响因素的理论文献。现有文献主要从排污权交易试点政策<sup>[11]</sup>、环境规制工具<sup>[8,12]</sup>、环境政策不确定性<sup>[13]</sup>等方面展开研究,本文重点研究了空气污染对企业绿色创新的影响。第三,厘清了空气污染影响企业绿色创新的潜在作用机制。本文从政府治理空气污染压力的视角,分析了空气污染对企业绿色创新的影响机制,有关研究结论不仅能为国家进行污染防治提供政策建议,而且能为政府更好地促进重污染行业上市公司进行绿色创新提供参考。

本文剩余部分安排如下:第二部分为制度背景;第三部分是理论分析与假设提出;第四部分为研究设计;第五部分为实证检验和结果分析;第六部分为进一步分析;第七部分为内生性问题;第八部分为研究结论与启示。

## 二、制度背景

糟糕的空气质量引起政府的高度重视,为了实现经济增长与环境保护的双赢,党中央、国务院以及各地方政府制定并落实空气污染整治措施,致力于改善我国空气污染现状。1988年,我国正式实施《中华人民共和国大气污染防治法》,并于2000年和2015年进行两次修订。2012年2月29日,原环境保护部和原国家质量监督检验检疫总局联合发布《环境空气质量标准》(GB 3095—2012),用空气质量指数(AQI)替代空气污染指数(API)衡量城市空气污染程度。2013年9月,国务院颁布《大气污染防治行动计划》,对重点行业、重点地区的空气污染物制定了数字化减排任务。同时,各地区也纷纷颁布地方性法规,例如山东省出台的《山东省大气污染防治条例》,被称作“史上最严”的环境保护地方性法规。

政府提出要把创新和科技进步作为加快转变经济发展方式的重要支撑,倡导各企业进行绿色转型。《2014—2015年节能减排低碳发展行动方案》指出,“实施节能减排科技专项行动和重点行业低碳技术创新示范工程,以电力、钢铁、石油石化、化工、建材等行业和交通运输等领域为重点,加快节能减排共性关键技术及成套装备研发生产”。2017年,我国颁布并实施了《专利优先审查管理办法》,明确指出专利申请方可请求优先审查涉及节能环保、新能源、新材料、新能源汽车等国家重点发展产业的专利。绿色专利审查制度成为国家推动绿色创新的手段之一,政府积极鼓励企业研发绿色专利。

在这种情况下,作为污染源之一的企业,是推进绿色转型的重要载体,会通过申请绿色专利来迎合政府的监管和实现政府经济增长与环境保护的双赢目标。这说明,在空气污染影响企业绿色创新的过程中,政府治理空气压力的压力可能是潜在影响机制,企业会将外部政府压力转化为促进企业创新活动的因素,选择进行绿色创新活动。

### 三、理论分析与假设提出

改革开放以来,我国主要以能源消耗作为经济发展动力,粗放式发展模式提升了我国经济总量,但环境污染问题十分突出<sup>[2]</sup>。面对严重的大气污染,党中央、国务院对大气污染防治进行了战略部署,先后颁布《大气污染防治行动计划》《打赢蓝天保卫战三年行动计划》等,明确了我国大气污染防治工作的总体思路、基本目标和主要任务。例如,《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》明确提出,“制定生态文明建设的目标指标体系,纳入地方各级人民政府绩效考核,考核结果作为领导班子和领导干部综合考核评价的重要内容,作为干部选拔任用、管理监督的重要依据,实行环境保护一票否决制”,这激发了各地政府部门对环境保护、节能减排的重视。

在空气污染治理压力下,政府提出要把创新和科技进步作为加快转变经济发展方式的重要支撑<sup>[2]</sup>,倡导各企业进行绿色转型,认为绿色发展是实现可持续发展的根本动力<sup>[14]</sup>。作为“创新驱动”和“绿色发展”的融合点,绿色创新直接作用于污染物排放,是企业减少环境污染的选择<sup>[15-18]</sup>。为了实现经济发展与环境保护共赢,政府会加大空气污染治理力度,尤其是向排污量较大的重污染行业企业进行施压。空气污染引发的环境治理压力会迫使企业研发新技术、新产品,从而推动企业技术革新,使企业享有新研发的绿色产品收益<sup>[8,19-20]</sup>;同时,环境规制向企业施加的外部压力能够克服组织惰性,与企业内部治理机制互补<sup>[21]</sup>,促使重污染行业企业进行绿色创新<sup>[22]</sup>。因此,本文提出如下假设:

#### H1: 空气污染加剧会促使重污染行业企业进行绿色创新。

黎文靖和郑曼妮<sup>[23]</sup>研究发现,采取实质性创新的企业追求的是自身技术的进步,体现为优质的专利质量,而采取策略性创新的企业仅是为了迎合政府的监管,体现为专利申请的速度和数量的提升。与专利分类相似,绿色专利可以分为绿色发明专利和绿色实用新型专利。一般来说,绿色发明专利具有突出的实质性特点和显著的进步,其创新性高于绿色实用新型专利。同时,绿色发明专利也具有审查手续复杂、审查时间长、研发前期投入多、研发成果转化周期长、研发结果不确定等特点。

面对空气污染的治理压力,政府会重点监管重污染行业中的企业,促使重污染行业企业开展绿色创新活动。但是,由于政府文件并未对企业绿色专利产出有明确规定,加之绿色发明专利具有高风险性,企业往往会通过进行简单的绿色创新或片面追求绿色实用新型专利数量等方式来迎合政府的监管。因此,本文提出如下假设:

**H2: 空气污染加剧会促使重污染行业企业进行策略性绿色创新,即空气污染加剧会显著提高重污染行业企业绿色实用新型专利量。**

### 四、研究设计

#### (一) 样本选择与数据来源

本文以我国重污染行业 A 股上市公司 2014—2018 年的数据作为样本,研究空气污染对重污染行业企业绿色创新的影响。参考李青原和肖泽华<sup>[8]</sup>的研究,重污染行业是供给侧结构性改革“三去一降一补”的对象,并且有关数据便于获取,因此本文选择重污染行业 A 股上市公司作为样本具有较强的现实价值。参考李青原和肖泽华<sup>[8]</sup>、齐绍洲等<sup>[11]</sup>对重污染行业的界定,结合证监会 2012 版行业分类标准,本文选择的重污染行业代码分别是 B06、B07、B08、B09、B10、B11、B12、C17、C18、C19、C22、C25、C26、C27、C28、C29、C31、C32、D44,即上述行业 A 股上市公司是本文的研究对象。

本文出于以下两个方面的考虑选择 2014—2018 年作为样本区间:一方面,我国于 2012 年 2 月 29 日发布新的《环境空气质量标准》,用空气质量指数(AQI)替代空气污染指数(API),并于 2013 年

10月起开始对第一批试点城市展开监测,但2013年空气质量数据可获得值较少,因此本文研究时间起点为2014年;另一方面,由于CSMAR数据库部分治理数据只更新至2019年3月,因此本文研究时间终点为2018年。

本文的数据来源如下:(1)企业绿色专利的数据来自CNRDS数据库;(2)各城市空气质量指数的数据来自CNRDS数据库;(3)省级政府官员晋升数据和政府治理空气污染压力数据系手工收集;(4)其余变量的数据来自CSMAR数据库和CNRDS数据库。

在收集原始数据的基础上,本文对原始数据进行了如下处理:(1)剔除变量观测值缺失的样本;(2)剔除绿色专利申请总数小于1的样本;(3)为了控制极端值的影响,对所有连续变量进行上下1%的缩尾处理。

## (二) 变量定义

### 1. 被解释变量:绿色创新

参考李青原和肖泽华<sup>[8]</sup>、齐绍洲等<sup>[11]</sup>的研究,本文用企业当年申请的绿色专利数量衡量绿色创新。相比其他指标,绿色专利申请或授权数更能直观且真实地反映创新水平,考虑到专利授权需要一定时间检测并需缴纳年费,缺乏稳定性和确定性,因此本文选用相对稳定、可靠、及时的专利申请数量。与已有文献保持一致,我们将企业当年绿色专利申请数量加1后取对数进行度量。

### 2. 解释变量:空气污染

参考罗勇根等<sup>[10]</sup>的衡量方法,本文用空气质量指数衡量空气污染,空气质量指数综合考虑了SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>、CO平均浓度,数据更具有可靠性。由于CNRDS数据库公布的各城市空气质量指数是日度数据,而实证分析以年度数据为研究对象,因此本文将各城市空气质量指数日度数据求平均值作为年度数据。空气质量指数越大,说明城市空气质量越差,空气污染越严重。

### 3. 控制变量

参考李青原和肖泽华<sup>[8]</sup>、齐绍洲等<sup>[11]</sup>的研究,本文选取一系列企业经济特征和城市层面的影响因素作为控制变量,具体包括:企业成熟度(Age)、市场势力(Market)、总资产报酬率(ROA)、流动比率(Liquidity)、固定资产周转率(GDZ)、资本密集度(Density)、管理层持股比例(Share)、股权集中度(Top)、企业成长性(Growth)、高管薪酬(Pay)、无形资产占比(Intan)、董事会规模(DS)、经济发展水平(Light)。同时,本文还设置了行业虚拟变量(Industry)、年度虚拟变量(Year)。

### 4. 其他变量

产权性质(SOE)为虚拟变量,若是国有企业,产权性质(SOE)为1,否则为0。参考陶然等<sup>[24]</sup>的研究,本文以省长或省委书记是否晋升衡量省级官员晋升,具体判断标准如下:一方面,省委书记调任中央政治局常委、中央政治局委员、中央书记处书记,或者调任国务院总理、副总理、国务委员,或

表1 变量定义

变量类型	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	绿色创新	<i>GreaTotal</i>	ln(企业当年申请绿色专利数量+1)
		<i>Grelnva</i>	ln(企业当年申请绿色发明专利数量+1)
		<i>Greluma</i>	ln(企业当年申请绿色实用新型专利数量+1)
解释变量	空气污染	<i>Average</i>	公司注册地所在城市当年的空气质量指数均值
控制变量	企业成熟度	<i>Age</i>	上市年数取对数
	市场势力	<i>Market</i>	营业收入与营业成本比值取对数
	总资产报酬率	<i>ROA</i>	当年净利润/期末总资产
	流动比率	<i>Liquidity</i>	流动负债/流动资产
	固定资产周转率	<i>GDZ</i>	营业收入/平均固定资产
	资本密集度	<i>Density</i>	固定资产总额与员工人数比值取对数
	管理层持股比例	<i>Share</i>	管理层持股数量/总股数
	股权集中度	<i>Top</i>	第一大股东持股数/总股数
	企业成长性	<i>Growth</i>	本期主营业务收入/上期主营业务收入
	高管薪酬	<i>Pay</i>	高管前三名工资薪酬总额取对数
	无形资产占比	<i>Intan</i>	无形资产/总资产
	董事会规模	<i>DS</i>	董事会人数取对数
	经济发展水平	<i>Light</i>	当年城市夜间灯光数据
	行业变量	<i>Industry</i>	行业虚拟变量
年度变量	<i>Year</i>	年度虚拟变量	
其他变量	产权性质	<i>SOE</i>	若是国有企业,定义为1;否则为0
	省级官员晋升	<i>Promotion</i>	若有省级官员晋升,定义为1;否则为0
	政府治理空气污染压力	<i>Gregov</i>	空气污染及其治理相关词汇频次占政府工作报告词频总数的比例

者调任全国人大和全国政协委员长、副委员长、主席、副主席,则视为省委书记晋升;另一方面,省长调任省委书记,或者调任中央党务部门和中央部委正职,或者调任中央政治局常委、中央政治局委员、中央书记处书记,或者调任国务院总理、副总理、国务委员,或者调任全国人大和全国政协委员长、副委员长、主席、副主席,则视为省长晋升。参考陈诗一和陈登科<sup>[25]</sup>的研究,本文构造地方政府治理空气污染压力指标的步骤如下:首先,手工收集2014—2018年地级及以上地方政府工作报告;其次,对地方政府工作报告文本进行分词处理;最后,统计过去一年地方政府工作报告中与空气污染及其治理相关词汇的频次,计算出其占政府工作报告全文词频总数的比例。与空气污染及其治理相关的词汇有:蓝天、二氧化氮、雾霾、扬尘、治污、降尘、臭氧、颗粒物、废气、尾气、优良天数、抑尘、治气、环境保护、环保、能耗、减排、排污、绿色、低碳、二氧化硫、二氧化碳、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>等。

### (三) 模型设定

借鉴李青原和肖泽华<sup>[8]</sup>、齐绍洲等<sup>[11]</sup>对绿色创新的研究,本文采用双向固定效应模型来检验空气污染对重污染行业企业绿色创新的影响。因此,本文设定如下模型分别检验空气污染对企业绿色专利、绿色发明专利和绿色实用新型专利申请数量的影响。

$$GreInno_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Average_{i,t-1} + Controls_{i,t-1} + Year + Industry + \varepsilon_{i,t-1}$$

$GreInno_{i,t}$ 指绿色创新,包括  $GreaTotal_{i,t}$ 、 $GreInva_{i,t}$ 和  $GreUma_{i,t}$ 三个变量。 $GreaTotal_{i,t}$ 、 $GreInva_{i,t}$ 和  $GreUma_{i,t}$ 分别指  $i$ 公司  $t$ 年度的绿色专利申请量、绿色发明专利申请量和绿色实用新型专利申请量。我国制定了严格的专利审查制度,专利从申请、授权再到实际运用,需要一段时间,企业的绿色创新行为存在滞后性,因此,本文将空气污染变量与控制变量进行滞后一期处理。 $Average_{i,t-1}$ 指  $i$ 公司注册地所在地级市  $t-1$ 年度空气质量指数的平均数。回归中加入  $i$ 公司第  $t-1$ 年企业成熟度、市场势力、总资产报酬率、流动比率、固定资产周转率、资本密集度、管理层持股比例、企业成长性、高管薪酬、无形资产占比、董事会规模、股权集中度等作为公司层面控制变量,加入  $i$ 公司注册地所在地级市  $t-1$ 年度经济发展水平 ( $Light$ )作为城市层面控制变量,同时还加入行业和年度虚拟变量。

## 五、实证检验和结果分析

### (一) 描述性统计

表2是对本文实证研究主要变量的描述性统计。绿色专利申请量 ( $GreaTotal$ )的均值是1.78,标准差是1.07,中位数是1.61;绿色发明专利申请量 ( $GreInva$ )的均值是1.21,标准差是1.10,中位数是1.10;绿色实用新型专利申请量 ( $GreUma$ )的均值是1.14,标准差是1.02,中位数是1.10。这说明重污染行业企业之间绿色专利申请量存在一定差异。就空气污染 ( $Average$ )而言,各个城市年度空气质量指数均值是82.16,达到质量标准“良”的等级,与我国城市空气质量大多处于“良”等级情况吻合;但该变量的标准差达到21.64,说明不同城市的空气质量差异很大,城市的污染程度各不相同。表2还列示了其他相关变量的描述性统计,均在正常范围内,这说明在对连续变量进行 Winsorize 处理后,已不受极端值的严重影响。

表2 描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	p50	最大值
$GreaTotal$	1 057	1.78	1.07	0.69	1.61	5.23
$GreInva$	1 057	1.21	1.10	0.00	1.10	4.84
$GreUma$	1 057	1.14	1.02	0.00	1.10	4.20
$Average$	1 057	82.16	21.64	40.96	80.53	168.31
$Age$	1 057	2.44	0.63	0.69	2.64	3.30
$Market$	1 057	0.34	0.31	-0.06	0.25	1.72
$ROA$	1 057	0.05	0.06	-0.33	0.04	0.23
$GDZ$	1 057	3.29	4.64	0.19	2.12	47.53
$Density$	1 057	2.21	2.35	0.40	1.70	37.11
$Liquidity$	1 057	1.88	2.09	0.21	1.27	15.96
$Share$	1 057	0.08	0.16	0.00	0.00	0.68
$Growth$	1 057	1.19	0.53	0.06	1.11	5.47
$Intan$	1 057	0.05	0.05	0.00	0.04	0.31
$Pay$	1 057	14.44	0.61	11.01	14.44	16.30
$DS$	1 057	2.19	0.21	1.61	2.20	2.71
$Top$	1 057	27.40	18.46	0.11	27.09	66.05
$Light$	1 057	4.02	2.81	0.50	3.24	11.63

## (二) 相关系数分析

在对模型进行回归之前,本文对所有变量进行 Pearson 和 Spearman 相关系数检验,限于篇幅,具体结果未列出。从被解释变量与解释变量之间的系数可以初步判断,空气污染对重污染行业企业绿色专利申请量、绿色发明专利申请量没有影响,与重污染行业绿色实用新型专利申请量正相关,初步验证了本文假设 H2。被解释变量与控制变量之间的系数大多是显著的,说明本文对控制变量的选取较为合理。除同类变量外,其他任意两个变量之间的关系数值大多小于 0.6,说明本文根据这些变量构建的模型不存在严重的多重共线性。

## (三) 实证结果分析

本文采用双向固定效应模型进行实证检验,回归结果见表 3。第(3)列 *Average* 的回归系数在 5% 的水平上显著为正,说明空气污染会促使重污染行业企业进行绿色创新,表现为企业绿色专利申请量显著增加,验证了本文假设 H1。第(2)列 *Average* 的回归系数在 1% 的水平上显著为正,说明空气污染会显著提高重污染行业企业绿色实用新型专利申请量,验证了本文假设 H2。

## 六、进一步分析

### (一) 调节作用

#### 1. 产权性质

国有企业是我国国民经济的支柱,与政府存在或多或少的隐形关联,会享有更多政策、资源等方面的支持,同时也需要承担更多的社会责任。但是,受我国传统政治和经济制度的影响,国有企业面临的市场竞争较弱,研发创造性更强的绿色发明专利和进行实质性创新的意愿不强<sup>[23,26]</sup>。同时, Tong *et al.*<sup>[27]</sup> 研究发现,我国 2000 年第二次修订后的《中华人民共和国专利法》使得国有企业专利申请数量显著增加,但仅仅是非发明专利,专利质量并没有随之提高。国有企业的创新策略显示,政府只关注了国有企业的专利产出,忽略了对其质量的把控<sup>[23]</sup>,国有企业往往实施通过增加专利数量而达到考核要求的策略性创新<sup>[26]</sup>。因此,在政府治理空气污染时,国有企业受政府压力影响更大,为迎合政府监管和达到环保要求,更倾向于采取策略性创新。

表 4 列示了产权性质调节作用的实证结果。第(2)列 *Average* 的回归系数在 5% 的水平上显著为正,且 *Average* 与 *SOE* 的交互项 *Interact* 的回归系数也在 5% 的水平上显著为正,说明空气污染会显著提高重污染行业中的国有企业绿色实用新型专利申请量。

#### 2. 省级官员晋升

我国的环境问题既与我国早期粗放的经济的发展方式有关,也与我国长期形成的地方官员晋升制

表 3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>GreInva</i>	<i>GreUma</i>	<i>GreTotal</i>
<i>Average</i>	0.004 (1.61)	0.006*** (3.04)	0.005** (2.09)
<i>Age</i>	-0.004 (-0.05)	-0.091 (-1.15)	-0.048 (-0.53)
<i>Market</i>	-0.407** (-2.37)	-0.412*** (-2.96)	-0.539*** (-3.49)
<i>ROA</i>	0.921 (0.98)	0.053 (0.07)	0.621 (0.72)
<i>GDZ</i>	0.009 (0.49)	-0.020*** (-2.83)	0.000 (0.01)
<i>Density</i>	-0.011 (-0.57)	-0.027* (-1.69)	-0.016 (-0.93)
<i>Liquidity</i>	-0.000 (-0.01)	-0.045** (-2.58)	-0.018 (-0.81)
<i>Share</i>	-0.024 (-0.07)	0.058 (0.22)	0.089 (0.30)
<i>Growth</i>	0.133 (1.45)	0.165*** (2.92)	0.162** (2.05)
<i>Intan</i>	-0.524 (-0.40)	0.705 (0.79)	0.406 (0.35)
<i>Pay</i>	0.216** (2.40)	0.115 (1.64)	0.240*** (3.23)
<i>DS</i>	0.570** (2.13)	0.450* (1.93)	0.566** (2.26)
<i>Top</i>	0.005 (1.58)	0.007*** (2.73)	0.008** (2.45)
<i>Light</i>	0.023 (0.99)	0.031** (2.25)	0.027 (1.33)
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-3.680** (-2.48)	-2.047* (-1.83)	-3.536*** (-2.86)
样本量	895	895	895
调整后 R <sup>2</sup>	0.114	0.269	0.199

注:括号中报告的值是 T 统计量;\*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

度有关。地方经济增长绩效是官员政绩的重要组成部分,官员会利用资源推动地区经济增长来谋求晋升。针对我国日益严峻的环境污染问题及“唯 GDP 论”晋升机制,国家试图探寻改革晋升机制的措施。科学发展观提出之后,环境污染治理等其他绩效在官员晋升中的重要性得以强化。2005 年,《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》明确将环境保护工作纳入官员考核体系,强调落实环境保护领导责任制。2011 年,《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》明确提出,“制定生态文明建设的目标指标体系,纳入地方各级人民政府绩效考核,考核结果作为领导班子和领导干部综合考核评价的重要内容,作为干部选拔任用、管理监督的重要依据,实行环境保护一票否决制”。由于中央加大对官员晋升时环境绩效的考量,有晋升意向的官员会更关注行政区内的生态环境,加大管理企业污染排放的力度。因此,有官员晋升省份的企业会受到政府更大的治理空气污染压力,倾向于进行迎合政府监管的创新。

表 5 列示了省级官员晋升调节作用实证检验结果。在省委书记晋升调节作用中,第(2)列 *Average* 的回归系数在 1% 的水平上显著为正, *Average* 与 *Promotion* 的交互项 *Interact* 的回归系数在 5% 的水平上显著为正,第(3)列 *Average* 的回归系数在 5% 的水平上显著为正,交互项 *Interact* 的回归系数也在 5% 的水平上显著为正,说明空气污染会促使重污染行业中有省委书记晋升省份的企业进行绿色创新。在省长晋升调节作用中,第(5)列 *Average* 的回归系数在 1% 的水平上显著为正,交互项 *Interact* 的回归系数在 5% 的水平上显著为正,第(6)列 *Average* 的回归系数在 5% 的水平上显著为正,交互项 *Interact* 的回归系数在 10% 的水平上显著为正,说明空气污染会促使重污染行业中有省长晋升省份的企业进行绿色创新。

## (二) 影响机制检验

面对严重的大气污染,党中央、国务院对大气污染防治进行战略部署,先后颁布《大气污染防治行动计划》《打赢蓝天保卫战三年行动计划》等,明确我国大气污染防治工作的总体思路、基本目标和主要任务。同时,政府提出要把创新和科技进步作为加快转变经济发展方式的重要支撑,倡导各企业进行绿色转型。作为污染源头之一的企业,是推进绿色转型的重要载体,会通过申请绿色专利来迎合政府

表 4 产权性质调节作用

变量	(1) <i>GreInva</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreaTotal</i>
<i>Average</i>	0.002 (0.96)	0.005 ** (2.05)	0.003 (1.22)
<i>SOE</i>	0.245 * (1.76)	-0.046 (-0.46)	0.169 (1.38)
<i>Interact</i>	0.004 (0.92)	0.008 ** (1.98)	0.006 (1.48)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-3.578 ** (-2.40)	-1.940 * (-1.70)	-3.413 *** (-2.68)
样本量	895	895	895
调整后 R <sup>2</sup>	0.122	0.275	0.207

注:括号中报告的值是 T 统计量;\*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

表 5 省级官员晋升调节作用

变量	省委书记晋升			省长晋升		
	(1) <i>GreInva</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreaTotal</i>	(4) <i>GreInva</i>	(5) <i>GreUma</i>	(6) <i>GreaTotal</i>
<i>Average</i>	0.004 (1.64)	0.007 *** (3.16)	0.005 ** (2.17)	0.004 (1.59)	0.006 *** (2.92)	0.004 ** (1.99)
<i>Promotion</i>	0.003 (0.02)	0.145 (1.46)	0.080 (0.76)	0.119 (1.38)	0.117 * (1.70)	0.091 (1.15)
<i>Interact</i>	0.005 (1.23)	0.010 ** (2.46)	0.008 ** (2.05)	0.002 (0.66)	0.008 ** (2.49)	0.006 * (1.80)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-3.671 ** (-2.48)	-2.005 * (-1.82)	-3.509 *** (-2.85)	-3.697 ** (-2.50)	-2.038 * (-1.85)	-3.530 *** (-2.88)
样本量	895	895	895	895	895	895
调整后 R <sup>2</sup>	0.113	0.273	0.200	0.114	0.276	0.202

注:括号中报告的值是 T 统计量;\*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

的监管以及实现政府经济增长与环境保护的双赢目标。这说明在空气污染促进企业绿色创新的过程中,政府治理空气污染的可能是潜在影响机制。因此,本文借鉴孟庆斌等<sup>[28]</sup>的研究方法,对政府治理空气污染压力(*Gregov*)是否为影响机制进行检验,并对分组结果进行了似无相关检验。

表6列示了影响机制检验结果。第(3)列 *Average* 的回归系数在1%的水平上显著为正,第(4)列 *Average* 的回归系数不显著,且似无相关回归检验结果表明二者差异显著;第(5)列 *Average* 的回归系数在5%的水平上显著为正,第(6)列 *Average* 的回归系数不显著,且似无相关回归检验结果表明二者差异显著,这说明在政府压力大的情况下,空气污染促使重污染行业企业进行绿色创新的作用更强,证实了政府治理空气污染压力是空气污染促进企业绿色创新的影响机制。

表6 影响机制检验

变量	政府治理空气污染	政府治理空气污染	政府治理空气污染	政府治理空气污染	政府治理空气污染	政府治理空气污染
	压力大	压力小	压力大	压力小	压力大	压力小
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>GreInua</i>	<i>GreInua</i>	<i>GreUma</i>	<i>GreUma</i>	<i>GreaTotal</i>	<i>GreaTotal</i>
<i>Average</i>	0.005*	-0.001	0.008***	0.001	0.006**	-0.001
	(1.72)	(-0.36)	(3.35)	(0.37)	(2.34)	(-0.29)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-4.305**	-2.757	-3.200**	-0.578	-4.363***	-2.428
	(-2.39)	(-1.46)	(-2.34)	(-0.34)	(-2.67)	(-1.64)
样本量	507	388	507	388	507	388
调整后 R <sup>2</sup>	0.136	0.122	0.318	0.228	0.224	0.213
SUR 检验卡方值		2.39		4.81		3.96
SUR 检验 P 值		0.1218		0.0283		0.0465

注:括号中报告的值是 T 统计量;\*、\*\*和\*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

### (三) 稳健性检验

#### 1. 以城市 PM<sub>2.5</sub> 浓度衡量空气污染

本文采用城市每年的 PM<sub>2.5</sub> 浓度均值衡量空气污染,PM<sub>2.5</sub> 浓度均值越大,表示空气污染越严重,回归结果见表7。结果显示,第(2)列 PM<sub>2.5</sub> 的回归系数在1%的水平上显著为正,第(3)列 PM<sub>2.5</sub> 的回归系数在5%的水平上显著为正,这说明以城市 PM<sub>2.5</sub> 浓度衡量的空气污染会促使重污染行业企业进行绿色创新,表现为企业绿色专利申请量和绿色实用新型专利申请量显著提高,与前文结果基本保持一致。

#### 2. 以城市 NO<sub>2</sub> 浓度衡量空气污染

本文采用城市每年的 NO<sub>2</sub> 浓度均值衡量空气污染,NO<sub>2</sub> 浓度均值越大,表示空气污染越严重,回归结果见表8。结果显示,第(2)列 NO<sub>2</sub> 的回归系数在5%的水平上显著为正,这说明以城市 NO<sub>2</sub> 浓度衡量的空气污染会促使重污染行业企业进行绿色创新,表现为绿色实用新型专利申请量显著提高,与前文结果基本保持一致。

#### 3. 以与空气污染相关的绿色专利申请量衡量绿色创新

IPC 国际专利分类表将各类专利分为 A-H 类,根据分类说明以及空气污染影响因素,本文用绿色发明专利和绿色实用新型专利中 B(作业、运输)、C(化学、冶金)、D(纺织、造纸)、F(机械工程、照明、加热、武器、爆破)四个类别专利申请量对数字化处理后的数值替代被解释变量,回归结果见表9。结果显示,第(2)列和第(3)列 *Average* 的回归系数均在5%的水平上显著为正,这说明空气污染会提高重污染行业企业绿色专利申请量和绿色实用新型专利申请量,与前文结果基本保持一致。

## 4. 以企业当年被授权的绿色专利数量衡量绿色创新

本文采用绿色专利申请量衡量绿色创新,但是专利从申请到授权需要一定的审核时间,并且专利申请和授权之间存在差异,为了保证结果的稳健性,本文进一步用当年授权的绿色专利数量加1取对数后衡量绿色创新,回归结果见表10。结果显示,第(2)列和第(3)列 *Average* 的回归系数均在1%的水平上显著,说明空气污染会促进重污染行业企业进行绿色创新,表现为企业绿色专利授权量和绿色实用新型专利授权量显著增加,与前文的结果基本保持一致。

表7 以城市  $PM_{2.5}$  浓度衡量空气污染

变量	(1) <i>GreInva</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreaTotal</i>
$PM_{2.5}$	0.005 * (1.71)	0.007 *** (2.82)	0.006 ** (2.05)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-3.137 ** (-2.11)	-1.917 * (-1.81)	-3.167 *** (-2.69)
样本量	895	895	895
调整后 $R^2$	0.114	0.268	0.199

注:括号中报告的值是T统计量;\*、\*\*和\*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

表8 以城市  $NO_2$  浓度衡量空气污染

变量	(1) <i>GreInva</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreaTotal</i>
$NO_2$	0.004 (0.83)	0.010 ** (2.39)	0.006 (1.24)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-2.960 ** (-2.00)	-1.805 * (-1.69)	-2.998 ** (-2.56)
样本量	895	895	895
调整后 $R^2$	0.109	0.262	0.194

注:括号中报告的值是T统计量;\*、\*\*和\*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

表9 以与空气污染相关的绿色专利申请数量衡量绿色创新

变量	(1) <i>GreInva</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreaTotal</i>
<i>Average</i>	0.028 (1.22)	0.073 ** (2.59)	0.101 ** (2.33)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-52.579 *** (-2.60)	-27.708 * (-1.87)	-80.288 *** (-2.84)
样本量	620	620	620
调整后 $R^2$	0.135	0.234	0.198

注:括号中报告的值是T统计量;\*、\*\*和\*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

表10 以企业当年被授权的绿色专利数量衡量绿色创新

变量	(1) <i>GreInvg</i>	(2) <i>GreUmg</i>	(3) <i>GregTotal</i>
<i>Average</i>	0.003 (1.34)	0.008 *** (3.43)	0.008 *** (3.43)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-4.810 *** (-4.10)	-2.558 * (-1.94)	-4.082 *** (-3.22)
样本量	606	606	606
调整后 $R^2$	0.153	0.264	0.265

注:括号中报告的值是T统计量;\*、\*\*和\*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

## 5. 增加控制变量

为了保证结果的稳健性,在模型中进一步加入企业规模(*Size*)、资产负债率(*Lev*)、研发投入(*RD*)、城市第一产业占比(*First*)、城市第二产业占比(*Second*)等控制变量,回归结果见表11。结果显示,第(2)列 *Average* 的回归系数在5%的水平上显著为正,这说明空气污染会显著提高企业绿色实用新型专利申请量,与前文的结果基本保持一致。

## 6. 剔除2014年样本

我国AQI的监测与发布是分地区、分批进行的,自2015年起开始在全国范围内实时发布,因此,本文剔除2014年数据做稳健性分析,回归结果见表12。结果显示,第(2)列 *Average* 的回归系数在1%的水平上显著为正,第(3)列 *Average* 的回归系数在5%的水平上显著为正,这说明空气污染会显著提高企业绿色专利申请量和绿色实用新型专利申请量,与前文的结果基本保持一致。

表 11 增加控制变量

变量	(1) <i>GreInva</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreaTotal</i>
<i>Average</i>	0.002 (0.70)	0.004 ** (2.03)	0.003 (1.15)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-2.101 (-1.35)	-0.230 (-0.19)	-1.933 (-1.45)
样本量	735	735	735
调整后 R <sup>2</sup>	0.225	0.374	0.323

注:括号中报告的值是 T 统计量; \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

#### 7. 以 2001 年证监会行业分类标准定义重污染行业

根据证监会 2001 年颁布的行业分类标准以及原环保部 2008 年印发的《上市公司环保核查行业分类管理名录》和 2010 年底发布的《上市公司环境信息披露指南》,将 2001 年行业分类标准中以下代码对应的行业定义为重污染行业: B01、B03、B05、B07、B09、B49、C01、C03、C05、C11、C14、C31、C35、C41、C43、C48、C61、C65、C67、C81、D01、H01、H03。回归结果见表 13。结果显示,第(2)列 *Average* 的回归系数在 1% 的水平上显著为正,第(3)列 *Average* 的回归系数在 10% 的水平上显著为正,这说明空气污染会显著提高企业绿色专利申请量和绿色实用新型专利申请量,与前文的结果基本保持一致。

#### (四) 经济后果检验

面临严峻的空气污染时,政府会加大空气污染的治理力度,促使作为污染源之一的企业选择申请更多的绿色实用新型专利来迎合政府的监管。为检验企业绿色专利申请量和绿色实用新型专利申请量的提高是否降低了企业的排污费,本文做了经济后果检验;同时,借鉴郭家堂和骆品亮<sup>[29]</sup>的研究方法,本文分别采用滞后一期的绿色专利申请量和滞后一期的绿色实用新型专利申请量作为工具变量来缓解反向因果关系,回归结果见表 14。

表 12 剔除 2014 年样本

变量	(1) <i>GreInva</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreaTotal</i>
<i>Average</i>	0.004 (1.47)	0.007 *** (3.10)	0.005 ** (2.03)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-3.733 ** (-2.26)	-2.428 * (-1.91)	-3.710 *** (-2.72)
样本量	698	698	698
调整后 R <sup>2</sup>	0.116	0.266	0.195

注:括号中报告的值是 T 统计量; \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

表 13 以 2001 年证监会行业分类标准定义重污染行业

变量	(1) <i>GreInva</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreaTotal</i>
<i>Average</i>	0.002 (1.13)	0.005 *** (2.72)	0.003 * (1.66)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制
常数项	-4.324 *** (-2.88)	-3.302 *** (-2.72)	-4.155 *** (-3.09)
样本量	998	998	998
调整后 R <sup>2</sup>	0.157	0.261	0.223

注:括号中报告的值是 T 统计量; \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

表 14 经济后果检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	第一阶段 <i>GreUma</i>	第二阶段 <i>Greenexpense</i>	第一阶段 <i>GreaTotal</i>	第二阶段 <i>Greenexpense</i>
<i>L.GreUma</i>	0.623 *** (0.04)			
<i>GreUma</i>		-3.949 *** (1.12)		
<i>L.GreaTotal</i>			0.713 *** (0.03)	
<i>GreaTotal</i>				-2.559 *** (0.86)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制
常数项	-2.667 *** (0.62)	-87.787 *** (18.33)	-1.903 *** (0.60)	-78.932 *** (17.71)
样本量	606	606	606	606
调整后 R <sup>2</sup>	0.618	0.100	0.651	0.107
Hausman 检验卡方值		5.778		3.230
第一阶段 F 统计量		299.015		630.186

注:括号中报告的值是标准差; \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

在第(1)列和第(2)列中,Hausman 检验卡方值为 5.778,说明解释变量 *GreUma* 为内生变量,同时第一阶段 F 统计量为 299.015,*L.GreUma* 的回归系数在 1% 的水平上显著为正,说明绿色实用新型专利申请量与滞后一期的绿色实用新型专利申请量正相关,满足工具变量的相关性假定;第二阶段结果显示,加入工具变量之后 *GreUma* 的回归系数在 1% 的水平上显著为负,说明企业绿色实用新型专利申请量显著降低了企业的排污费。在第(3)列和第(4)列中,Hausman 检验卡方值为 3.230,说明解释变量 *GreaTotal* 为内生变量,同时第一阶段 F 统计量为 630.186,*L.GreaTotal* 的回归系数在 1% 的水平上显著为正,说明绿色专利申请量与滞后一期的绿色专利申请量正相关,满足工具变量的相关性假定;第二阶段结果显示,加入工具变量之后,*GreaTotal* 的回归系数在 1% 的水平上显著为负,说明企业绿色专利申请量显著降低了企业的排污费。

### 七、内生性问题

本文可能产生内生性问题的原因有以下几个方面:第一,反向因果问题。空气污染会促进企业绿色创新,同样地,企业进行绿色创新活动时会通过改革生产方式等途径影响地区空气质量。第二,变量的测量可能存在误差。本文以 CNRDS 数据库提供的每天城市空气质量指数的平均数作为年度城市空气质量,取平均数衡量的方式可能无法完全准确衡量城市年度空气质量。第三,可能存在遗漏变量问题。企业绿色创新活动会受多方面因素影响,虽然本文对企业层面、城市层面部分因素进行了控制,但是模型中仍可能遗漏其他影响因素。

为了缓解内生性,本文需要找一个与空气质量指数高度相关,而又不直接影响企业绿色创新的工具变量。已有研究表明,地区风速越大,越容易吹散空气中的污染物,进而降低污染程度;空气流动系数越大,空气流动性越强,大气污染物消散越快。借鉴陈诗一和陈登科<sup>[25]</sup>的研究,本文用空气流动系数(*Current*)指标作为工具变量,空气流动系数(*Current*)的值等于十米风速数值乘以边界层高度,回归结果见表 15。第(3)列中,Hausman 检验卡方值为 8.603,说明解释变量 *Average* 为内生变量,同时第(1)列中第一阶段 F 统计量为 6.055,*Current* 的回归系数在 5% 的水平上显著为负,说明空气污染与空气流动系数负相关,满足工具变量的相关性假定;第二阶段结果显示,加入工具变量之后第(3)列中 *Average* 的回归系数在 5% 的水平上显著为正,说明空气污染显著提高了重污染行业企业绿色实用新型专利申请量,在一定程度上缓解了内生性。

### 八、研究结论与启示

本文采用 2014—2018 年中国重污染行业 A 股上市公司的绿色专利数据,实证检验了空气污染对企业绿色创新的影响及其经济后果。研究发现:第一,空气污染显著提高了重污染行业上市公司的绿色专利申请量,但只是绿色实用新型专利申请量显著增加;第二,空气污染对重污染行业上市公司绿色专利申请量的影响在国有企业、有官员晋升省份的企业中更显著;第三,绿色专利申请量和绿色实用新型专利申请量的增加都显著降低了企业的排污费;第四,空气污染促进企业绿色创新的影响机制为政府治理空气污染的压力;第五,在进行稳健性检验和控制内生性问题后,研究结果基本不变。

表 15 内生性问题

变量	第一阶段	第二阶段		
	(1) <i>Average</i>	(2) <i>GreUma</i>	(3) <i>GreUma</i>	(4) <i>GreaTotal</i>
<i>Current</i>	-0.002** (0.001)			
<i>Average</i>		-0.007 (0.02)	0.055** (0.03)	0.020 (0.02)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	控制
年份	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制
常数项	90.439*** (19.75)	-2.553 (2.06)	-6.447** (2.70)	-4.819** (1.97)
样本量	886	886	886	886
Hausman 检验卡方值	—	0.260	8.603	0.681
第一阶段 F 统计量	6.055	—	—	—

注:括号中报告的值是标准差;\*、\*\*和\*\*\*分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平;本文按公司聚类,并进行稳健的标准误调整。

本文研究结论的主要启示为:第一,政府应根据创新行为的难度、创新成果的潜在价值等制定不同的激励措施,加大对实质性创新行为的激励,而不是“一视同仁”地对所有创新行为采取相同的激励方式。第二,我国环境保护法律体系虽已初步形成,但是法律还未明确规定绿色创新,有关部门应积极完善法律法规,加强绿色知识产权保护,提高企业绿色创新的积极性。第三,重污染行业中的企业污染排放量较多,更应该强化环保意识,转变传统的利润最大化理念,树立经济效益与环境效益并重的经营理念。

#### 注释:

①内容来自 <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5899tg/201310/c7b191f8db0e4f2db21144292ff855db.shtml>。

②内容来自 <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/>。

#### 参考文献:

- [1] 陶锋,赵锦瑜,周浩. 环境规制实现了绿色技术创新的“增量提质”吗——来自环保目标责任制的证据[J]. 中国工业经济,2021(2):136-154.
- [2] 朱承亮,刘瑞明,王宏伟. 专利密集型产业绿色创新绩效评估及提升路径[J]. 数量经济技术经济研究,2018(4):61-79.
- [3] 李凯杰,董丹丹,韩亚峰. 绿色创新的环境绩效研究——基于空间溢出和回弹效应的检验[J]. 中国软科学,2020(7):112-121.
- [4] 方先明,那晋领. 创业板上市公司绿色创新溢酬研究[J]. 经济研究,2020(10):106-123.
- [5] XU X D, ZENG S X, TAM C M. Stock market's reaction to disclosure of environmental violations: evidence from China [J]. Journal of business ethics,2012,107(2):227-237.
- [6] 曹洪军,陈泽文. 内外环境对企业绿色创新战略的驱动效应——高管环保意识的调节作用[J]. 南开管理评论,2017(6):95-103.
- [7] 解学梅,霍佳阁,王宏伟. 绿色工艺创新与制造业行业财务绩效关系研究[J]. 科研管理,2019(3):63-73.
- [8] 李青原,肖泽华. 异质性环境规制工具与企业绿色创新激励——来自上市企业绿色专利的证据[J]. 经济研究,2020(9):192-208.
- [9] 罗能生,徐铭阳,王玉泽. 空气污染会影响企业创新吗? [J]. 经济评论,2019(1):19-32.
- [10] 罗勇根,杨金玉,陈世强. 空气污染、人力资本流动与创新活力——基于个体专利发明的经验证据[J]. 中国工业经济,2019(10):99-117.
- [11] 齐绍洲,林岫,崔静波. 环境权益交易市场能否诱发绿色创新? ——基于我国上市公司绿色专利数据的证据[J]. 经济研究,2018(12):129-143.
- [12] 董景荣,张文卿,陈宇科. 环境规制工具、政府支持对绿色技术创新的影响研究[J]. 产业经济研究,2021(3):1-16.
- [13] 王慧,孙慧,肖涵月,等. “谨小慎微”抑或“险中求胜”? ——环境政策不确定性与污染密集型企业绿色创新[J]. 产业经济研究,2021(2):30-41+127.
- [14] 于惊涛,王珊珊. 基于低碳的绿色增长及绿色创新——中、美、英、德、日、韩实证与比较研究[J]. 科学学研究,2016(4):528-538.
- [15] 牛海鹏,杜雯翠,朱艳春. 排污费征收、技术创新与污染排放[J]. 经济与管理评论,2012(4):51-56.
- [16] 许士春,何正霞,龙如银. 环境规制对企业绿色技术创新的影响[J]. 科研管理,2012(6):67-74.
- [17] 王彩明,李健. 中国区域绿色创新绩效评价及其时空差异分析——基于2005—2015年的省际工业企业面板数据[J]. 科研管理,2019(6):29-42.
- [18] 张辽,黄蕾琼. 中国工业企业绿色技术创新效率的测度及其时空分异特征——基于改进的三阶段SBM-DEA模型分析[J]. 统计与信息论坛,2020(12):50-61.
- [19] 徐佳,崔静波. 低碳城市和企业绿色技术创新[J]. 中国工业经济,2020(12):178-196.
- [20] 熊广勤,石大千,李美娜. 低碳城市试点对企业绿色技术创新的影响[J]. 科研管理,2020(12):93-102.

- [21] AMBEC S, BARLA P. A theoretical foundation of the porter hypothesis[J]. *Economics letters*, 2002, 75(3): 355 - 360.
- [22] 王洪庆, 张莹. 贸易结构升级、环境规制与我国不同区域绿色技术创新[J]. *中国软科学*, 2020(2): 174 - 181.
- [23] 黎文靖, 郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新? ——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. *经济研究*, 2016(4): 60 - 73.
- [24] 陶然, 苏福兵, 陆曦, 等. 经济增长能够带来晋升吗? ——对晋升锦标赛理论的逻辑挑战与省级实证重估[J]. *管理世界*, 2010(12): 13 - 26.
- [25] 陈诗一, 陈登科. 雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J]. *经济研究*, 2018(2): 20 - 34.
- [26] 王珍愚, 曹瑜, 林善浪. 环境规制对企业绿色技术创新的影响特征与异质性——基于中国上市公司绿色专利数据[J]. *科学学研究*, 2021(5): 909 - 919 + 929.
- [27] TONG T W, HE W L, HE Z L, et al. Patent regime shift and firm innovation: evidence from the second amendment to China's patent law[C]. *Academy of management annual meeting proceedings*, 2014: 14174.
- [28] 孟庆斌, 李昕宇, 张鹏. 员工持股计划能够促进企业创新吗? ——基于企业员工视角的经验证据[J]. *管理世界*, 2019(11): 209 - 228.
- [29] 郭家堂, 骆品亮. 互联网对中国全要素生产率有促进作用吗? [J]. *管理世界*, 2016(10): 34 - 49.

(责任编辑:李 敏)

## Air pollution and corporate green innovation: based on the empirical evidence of A-share listed companies in heavy polluting industries

MA Yongqiang<sup>1</sup>, ZHAO Liangkai<sup>1</sup>, YANG Huayue<sup>2</sup>, TANG Guoqiong<sup>1</sup>

(1. School of Accounting, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China;

2. Finance Headquarters, Changjiang Securities Company Limited, Wuhan 430000, China)

**Abstract:** In recent years, air pollution has become increasingly more severe in China, which has seriously affected corporate business decisions. How does air pollution affect the green innovation of enterprises? What economic consequences does it have for enterprises? Using the green patent data of A-share listed companies in heavy polluting industries from 2014 to 2018 in China, this paper analyzes the impact of air pollution on corporate green innovation and the economic consequences of this impact. This study has found that: (1) Air pollution has significantly increased the number of green patent applications from heavy polluting companies, but only in the case of green utility model patent applications. (2) This effect is more significant in state-owned enterprises and enterprises in provinces where officials have been promoted. (3) Government pressure to control air pollution is the main influence mechanism on air pollution promoting corporate green innovation. (4) The increase in the number of green patent applications and green utility model patent applications has reduced corporate fees for pollution discharge significantly. (5) After robustness tests and control for endogenous problems, the conclusions of this study are still valid. This paper expands the research field on the impact of air pollution on micro-enterprises' behavior, supplements academic literature on the influencing factors of corporate green innovation and clarifies the potential influence mechanism of the impact of air pollution on corporate green innovation.

**Key words:** air pollution; air quality index; green innovation; green invention patent; green utility model patent; government pressure on air pollution governance