

随风而动：环境监管规避与企业选址调整

潘郭钦 包群 黄睿*

摘要：污染企业在面临环境监管时，通常会进行策略性选址调整来进行规避。本文以两控区政策为准自然实验，考察了环境规制对行政边界企业的选址决策影响。通过测算企业选址主导风向与行政边界的具体距离，本文主要发现环境规制的加强，会使得省际交界处两控区上风口区域的污染企业到边界的距离显著缩短。本文的研究为加强区域联防联控、有效防范污染跨区转移的必要性提供了新的证据。

关键词：环境规制；企业选址；污染搭便车

DOI：10.13821/j.cnki.ceq.2023.03.06

一、引言

人们普遍认为环境监管对污染治理具有关键的抑制作用（包群等，2013）。然而，客观评估环境政策实际效果的一个突出问题是企业的应对策略与监管规避。面对监管政策力度的提升，企业一方面会通过技术升级与环保研发来积极应对，另一方面也有可能采取选址调整来规避环境监管压力，这一点在污染密集型企业尤其突出。值得强调的是，我国幅员辽阔，地区间经济与社会发展极不均衡，由此造成的环境污染严重程度和影响范围差异明显，不同区域间的环境规制水平存在巨大落差。近几十年来，为了加快和提升环境污染治理的步伐和成效，我国在中央层面实施了一系列区域性环境规制政策，目的是通过顶层设计的污染治理方案，着力解决日益突出的环境污染问题。地区间环境规制力度存在的差异，容易导致不同区域的污染负外部性问题以及污染跨境转移（Wu et al., 2017）。然而，污染企业如何策略性应对环境规制的加强在已有文献中未能得到充分的重视。显然，在日益增强的监管压力下，污染企业的一个合理应对策略是通过改变选址来进行规避，从而使得环境监管的实际效果大打折扣，也与环保政策的设计初衷大相径庭。

我国不同区域的环境监管政策制定和实施与环保考核压力密切相关。区域性环境规制政策的执行，不可避免地给地方政府带来了巨大的环保考核压力，也加剧了地方政府间的竞争，使得污染密集型企业通过跨区域转移造成了严重的负外部性问题（沈坤荣和周力，2020）。但现有研究很少考虑到除了污染跨区转移，当地污染企业在选址时也可

* 潘郭钦、包群，南开大学经济学院；黄睿，湖南大学经济与贸易学院。通信作者及地址：包群，天津市南开区卫津路 94 号南开大学经济学院国际经济与贸易系，300071；电话：(022) 23509982；E-mail: baoqun@yeah.net。本文得到国家自然科学基金面上项目（71973073）、国家社会科学基金重点项目（21AZD024）以及湖南省研究生科研创新项目（CX20220384）的资助。感谢两位匿名审稿专家富有建设性的修改意见，文中若有缺失，均为作者责任。

能策略性应对环境规制强度的提升。第一,从策略性应对可能性的角度看,实现经济增长长期以来是地方政府官员晋升激励的重要组成部分。在财政分权条件下,污染密集型产业给当地经济、就业和税收等方面带来的巨大利益使得地方政府对本地区污染企业的容忍度不断提高,甚至引发了环境污染的“区域竞次”问题(陶然等,2009)。第二,从策略性应对的必要性角度看,更加严格的环境规制政策从整体上使得地区污染企业在生产活动中的环保投入增加、受到政府环境监管的力度加强、面临的环保处罚可能性提高(曾文慧,2008)。作为一种理性选择,当地污染企业有动力通过选址的策略性调整降低环境规制给企业增加的成本。因此,试图客观评估环境监管对污染治理带来的影响,必然需要谨慎考量污染企业的策略性应对行为,这也是本文研究的关键动机。

那么污染企业应对本地区环境规制加强进行的策略性选址,会导致何种结果?本文认为区域环境规制水平提高将强化地方政府与污染企业形成合谋的动机,促使企业向边界靠近并形成污染排放的搭便车效应。一方面,在分权体制下地方政府并不关心本地生产活动给周边地区带来的环境污染,中央政府制定的环境规制政策极易在地方政府执行过程中产生次优结果,造成边界污染排放的负外部性问题(Monogan III et al., 2017)。另一方面,在合谋理论分析框架下,由于环境规制政策委托方的中央政府监管成本较高,作为环境规制政策监督方的地方政府可能与作为代理方的污染企业形成合谋(聂辉华和李金波,2007),通过搭便车的形式将污染排向边界地区,达到既通过促进污染密集型行业生产完成GDP增长目标又能满足中央环保考核要求的目的。

对污染企业选址策略性应对进行研究,不论对评价环境政策的有效性还是理解企业选址过程中的政企合谋问题都具有十分重要的现实意义。然而从经验分析角度验证企业策略性选址非常困难。在有限区域内(例如一个城市中),污染企业选址的变动并不适合用大距离尺度的污染企业分布变动分析框架进行讨论,已有文献中衡量污染跨区域转移的方法也无法移植到企业层面的选址问题上(董直庆和王辉,2019)。更大的挑战是,企业选址调整的搭便车动机包含的隐藏信息往往难以直接识别。为此,本文创新地利用风向因素识别污染企业的搭便车行为,以二氧化硫和酸雨控制区(以下简称“两控区”)的设立这一准自然实验为背景,通过分析企业所在区域位置的主导风向到边界距离的变化,考察污染企业选址是否对于区域性环境规制强度提升做出策略性应对,并判断由此造成大气污染的负外部性问题。

风向搭便车为我们准确识别两控区污染企业选址的策略性应对行为提供了绝佳的研究视角。第一,实施两控区政策的地方政府基于污染密集型行业给本地就业、税收及经济发展等方面带来的利益,可能会默许当地企业的污染物跨界排放行为。由于大气污染物的扩散与空气流动情况密切相关,政企之间这种隐藏的共谋行动就通过企业选址靠近边界上风,从而借助风向将污染物排放到边界外的策略性应对体现出来。第二,从污染企业自身的选址决策来看,将厂址选择在本区域下风口(也即相对于边界相邻地区的上风),也能够减少由于排污超标或者大气污染恶化而受到更严格的环境监管惩罚。第三,两控区政策主要通过控制污染企业二氧化硫排放来改善大气质量。可以通过建立三重差分模型比较干净地识别出区域环境规制水平提升引发的污染企业选址调整。第四,对于地方政府来说,城市的长期主导风向是在进行城市规划与工业选址过程中必须进行预判的明确信息;对于污染企业来说,风向也是企业环境评价过程中必要的考虑因素。

第五，一个地区的风向形成受到自然因素影响，且长期来看影响主导风向的因素主要包括当地的地形地貌、地理位置和气候等自然条件，受到人为影响发生改变的情况较少，具有可预测性与长期不变性，这为地方政府和企业根据风向信息进行评估和选址提供了可能。

因此，基于主导风向下的边界污染搭便车现象，本文以两控区政策为准自然实验，细致考察了环境规制如何影响行政边界的污染企业选址决策。与已有文献相比，本文的研究贡献主要体现在以下方面。首先，不同于以往研究主要考察环境规制是否造成污染的区域转移，本文另辟蹊径从企业策略性应对的角度分析污染企业在区域环境规制加强之后的选址变化，丰富了环境规制与企业选址领域的研究。其次，在准确识别污染搭便车行为方面，本文创新地将风向因素纳入污染企业选址研究，从而深化了我们对污染企业环境规制应对行为的理解。借鉴 Monogan III et al. (2017) 的研究思路，本文引入气象学中风向克里金 (Kriging) 算法这一新的估计技术，构建了我国超过 25 万家 1998—2008 年成立的规模以上工业企业选址处的主导风向，以及沿主导风向到省级边界距离的数据集，解决了以往环境规制政策评估中无法对风向影响进行定量分析的难题。特定区域的主导风向基本取决于该地的地理位置与大气状况，这为我们客观识别污染搭便车，尤其是边界污染搭便车现象提供了宝贵的研究切入点。最后，尽管已有研究支持了环境监管对污染排放的抑制效果 (Dasgupta et al., 2002; Shapiro and Walker, 2015)，然而一个关键的问题是环境监管同样也会引发污染企业的选址调整等策略性应对，忽略这一作用将会导致难以准确评估环境监管的实际效果。基于边界风向下的污染搭便车现象，本文从微观企业视角细致考察了污染企业可能如何对环境规制的加强进行规避，这也无疑对我国环境治理政策制定与调整提供了有益的研究启示，尤其是有效监管微观企业的污染搭便车行为与跨境污染治理协调。

本文余下部分安排如下：第二部分为文献综述，第三部分是研究背景与机制分析，第四部分是研究设计，第五部分是实证结果，最后是结论和建议。

二、文献综述

与本文研究主题直接相关的第一支文献所讨论的问题可以概括为：环境规制是否以及为何会引起污染企业选址发生转移？按照“污染避难所”假说 (Copeland and Taylor, 2004) 的逻辑，加强区域环境规制使得企业需要为遵守更严格的环境标准所付出的成本增加，用脚投票的结果便是“逃离”到环境规制要求相对宽松的地区。对这一假说最初的检验是考察污染企业是否从环境规制标准更高的国家向标准更低的国家转移 (List et al., 2004) 及环境规制与外商直接投资 (Keller and Levinson, 2002; Javorcik and Wei, 2003) 之间的关系。

基于“污染避难所”假说的拓展，学者们进一步关注在一国内部高污染企业是否会从本国环境规制较高的区域转移到环境规制较低的区域 (Becker and Henderson, 2000)。随着近几十年来我国环境规制强度不断提升，越来越多关于中国的研究也开始聚焦区域环境治理的差异如何导致污染企业转移。Wu et al. (2017) 发现“十一五”强制减排计划使得污染企业的选址从东部沿海地区向西部地区转移。沈坤荣等 (2017) 实证指出区域环境规制强化使得企业就近转移到中心城市附近。徐志伟等 (2020) 将市场

潜能因素引入对污染企业选址的分析,发现随着环境规制程度的增强,污染企业的选址分布以省会作为中心城市向外呈现倒“U”形分布状态。类似的研究还有王芳芳和郝前进(2011)、周浩和郑越(2015)、范红忠和胡草(2017)、张彩云等(2018)。上述研究得到的结论基本一致,即总体来看环境规制对污染企业在本地选址有抑制作用。

另一支与本文联系紧密的文献围绕如下问题展开:地区污染排放是否具有较强的环境负外部性?在地方分权条件下,辖区间的竞争使得政府更有动力促进当地经济发展、维护市场运作(Qian and Weingast, 1997)。然而,由分权引发的地方政府竞争也不可避免地导致了地区间的污染负外部性问题:地方政府并不关心环境治理对本行政区域以外地区产生的影响;由经济增长引发的激烈地区间竞争,甚至会进一步刺激地方政府对既要获得本地企业发展带来的经济好处、又要把企业对本地地区造成的污染控制在较低水平的渴望,这一激励模式加剧了环境污染排放的“搭便车”问题(Revesz, 2000)。由于我国地方政府从20世纪90年代末期开始面临的经济增长和环境保护的双重考核压力越来越大,污染排放的负外部性问题显得尤为突出。一系列文献证实了我国水污染治理的加强导致了跨省界河流的上游地区污染排放增加,并造成河流下游地区污染的负外部性问题(曾文慧, 2008; 李静等, 2015; Duvivier and Xiong, 2013)。相比于河流从上游到下游污染排放的方向单一性和路径固定性,由于大气污染物扩散条件的影响因素更为复杂,从微观层面讨论大气污染排放的负外部性问题的研究相对较少。Monogan III et al. (2017)发现,美国的空气污染企业更多地将厂址设在州边界的上风口,从而对边界下风口地区形成了污染排放的负外部性问题。Zhao and Haruyama (2017)运用博弈论,从理论上说明风向是影响我国跨区域上下风口污染企业集聚差异的关键,但这一研究并没有给出风向与污染排放负外部性的经验证据。

总体而言,已有文献一方面从跨国跨区视角证实了环境规制对污染企业选址的重要影响,另一方面也验证了不同地区间的环境规制措施存在着显著的负外部性问题。然而,这些文献仍然存在以下不足,也是本文研究设计的主要动机。第一,结合我国环境管制措施的具体实施而言,不同地区之间的管制力度存在着显而易见的差异性,必然对微观企业的策略性选址行为带来深远的影响。类似于跨国企业区位选址的“污染避难所”现象,即使是一国内部不同区域之间也存在着企业的跨区选址调整问题,并且这一问题因地区间污染负外部性的产生而变得尤其突出。第二,本文研究采用了行政边界主导风向的新颖视角来进行考察,有助于更为精确地识别区域间环境监管差异的影响,尤其是在两控区政策实施前后的企业选址策略性调整过程。特别地,文献虽然指出风向因素与大气污染物扩散密切相关,但进一步将环境规制政策与风向联系起来考察污染企业选址如何受到影响的研究并不多见,这也形成了本文研究对已有文献的主要贡献。

三、研究背景与影响机制

(一) 研究背景

从20世纪90年代末开始,中央采取了多种环境规制措施应对区域污染,其中两控区的设立是一项典型的针对二氧化硫污染的区域性环境规制政策。1998年1月国务院批

复将我国 175 个酸雨和二氧化硫污染严重的地级以上城市和地区划分为两控区，并提出两控区二氧化硫减排和二氧化硫浓度降低的目标。被选定为两控区的城市总面积占到了国土面积的 11.4%，国内生产总值占全国比重约 67%。2002 年《“两控区”酸雨和二氧化硫污染防治“十五”规划》进一步提出 2005 年两控区二氧化硫减排量化总量指标，要求 80% 的城市二氧化硫浓度要达到国家空气质量二级标准。¹同时两控区政策规定了长期减排任务，要求到 2010 年两控区二氧化硫排放水平不得高于 2000 年，且必须达到 2010 年二氧化硫平均浓度 $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的国家标准。政策关于降低二氧化硫污染的手段主要包括：关停高硫煤矿并限制城市燃料含硫量；减少火电厂原煤使用、关停污染严重的小火点机组、控制新建火电厂和削减现有火电厂二氧化硫排放；控制锅炉和工业炉窑以及生产加工过程重点二氧化硫排放。

两控区政策主要针对二氧化硫高污染行业，在进行政策识别设计时相对于干净清晰。更重要的是，两控区政策包含了二氧化硫浓度降低的目标。第一，在 1998 年确定两控区时，地区二氧化硫浓度是否达标就是重要的筛选标准：年度二氧化硫平均浓度超过国家二级标准，或日度二氧化硫平均浓度超过国家三级标准的城市，将被划定为两控区 (Tanaka, 2015)。其次，政策要求到 2000 年重点城市的二氧化硫浓度必须达到国家标准，到 2010 年所有两控区城市二氧化硫浓度都要符合国家标准 (Cai et al., 2016a)。对于大气空气质量的更严格规制要求使得地方政府必须要采取措施降低企业二氧化硫排放，因此与二氧化硫污染扩散有关的风向因素很可能会纳入地方政府和污染企业的考虑因素。

虽然两控区政策在城市层面实施，本文主要关注的仍是高污染企业的跨省边界污染搭便车行为。第一，从已有文献来看，我国区域间污染转移以跨省际最为明显，也是当前研究关注的重点 (Chen et al., 2018)。第二，从地方政府角度来看，跨省污染治理的难度和协调成本要比省内各个城市之间大得多，执法难度也更高。从地方政府竞争的角度来看，面对国家层面制定的环境治理与污染减排政策，省份内城市间的地方政府激励相比于省份间的城市激励更加一致，因此我们认为政企合谋的后果更可能反映在跨省际边界的两个相邻省份。

(二) 影响机制分析

第一，两控区政策的实施提升了区域环境规制强度，最直接的影响是提高了污染企业的排污达标要求，引发污染企业选址的策略应对。环境规制政策实施可能引起部分污染企业通过技术水平提升或技术研发创新降低生产成本 (Porter and Van der Linde, 1995)，但部分研发实力较弱，或者技术改造升级困难的企业也可能通过向靠近边界附近的上风口地带转移，达到风向搭便车的目的。在距离边界上风口更近的位置选址，不仅可以降低企业因区域污染浓度超标而受到环保处罚或关停限产的可能性，也能减小企业受到当地居民举报或投诉的风险。同时污染企业在距离边界上风口更近区域选址，即使受到位于下风口地区居民的反对，也会因为跨行政区监督管理和执法难度较高而面临较低的处罚风险。

¹ http://www.gov.cn/gongbao/content/2002/content_61804.htm，访问时间：2023 年 3 月 1 日。

第二,区域环境规制可能加剧地方政府与污染企业间的合谋,从而形成选址的策略性应对。在合谋理论框架下,两控区环境规制政策由中央委托给地方政府实施,作为监督方的地方政府希望获得经济快速增长,而作为代理人的污染企业希望采用更加粗放的生产管理方式以压低环保投入、增加利润,两者之间由于具有一致的利益而结成联盟,并通过隐藏行动使得利益最大化(梁平汉和高楠,2014)。由于中央政府在省份边界并没有大气污染扩散方向的有效监测信息,地方政府和当地污染企业之间可以进行合谋,并通过企业风向搭便车这一选址调整行为间接反映出来:地方政府放松对在靠近边界上风口位置选址的污染企业进行环境监管,污染企业以牺牲环境为代价进行生产并获得更多利润。同时,污染企业为地方政府创造更多就业岗位和税收,刺激当地经济发展。因此,风向搭便车行为既可以使政企双方获得互惠的经济利益,又能够将污染转嫁到行政区域以外。

总之,不论是更严格的环境规制政策带来的直接影响,还是政企合谋中政府默许带来的间接影响,二氧化硫污染企业都可能通过风向搭便车进行选址的策略性应对规避环境监管,从而引发污染的负外部性问题。

四、研究设计

(一) 变量的选取与测算

1. 企业选址所在地主导风向与风向距离

本文利用气象科学领域中一种风向模拟预测的较为成熟方法估计企业选址处的主导风向,并借鉴 Monogan III et al. (2017) 的思路测算企业选址沿风向到省界的距离,具体分为以下两步:第一,企业经纬度坐标的提取。首先,本文利用工业企业数据库 1998—2008 年的数据得到企业的省、市、县、乡镇以及村级名称信息。对于地址信息缺失或不完整的企业,根据数据库中提供的区域行政代码进行补充完整。其次,根据企业地址信息和百度地图数据进行解析,得到企业的经纬度信息。第二,企业选址处风向角度与风向距离的估计。首先,通过国家气象科学数据中心数据库得到分布于全国 1 156 个气象台站的经纬度坐标,及其在 1981—2010 年间的年度风向信息。其次,利用圆形克里金模型(Circular Kriging Model)预测企业选址处的主导风向。圆形克里金模型在气象学中被广泛运用于预测区域的主导风向,其实质是根据气象站点风向方向测算长期风向趋势,同时根据气象站与企业之间的远近进行加权,从而得到企业选址处的风向角度。最后,我们沿着预测得到的企业风向角度,计算企业到边界之间的长度,即为企业选址处的主导风向距离。

2. 行业煤炭、能源、电力消费量和二氧化硫排放量

由于我国企业活动造成的二氧化硫污染主要来自煤炭燃烧,同时煤炭也是工业生产最重要的能源来源,因此本文主要根据行业年平均煤炭消耗量代表企业所在行业的二氧化硫污染水平。此外本文还采用与煤炭消耗量相关的能源、电力消费量和二氧化硫排放量作为替代指标。考虑到 2005 年以后“十一五”强制减排计划的实施对不同区域二氧化硫高污染行业减排影响差异较大,本文以两控区设立当年(1998)到“十一五”规划

实施前一年（2005）作为计算范围。按照此时间段，本文计算得到1998—2005年行业年平均煤炭消耗量以及行业年平均能源、电力消费量。由于行业二氧化硫排放数据从2003年首次公布，本文计算了2003—2005年行业二氧化硫平均排放量。为了匹配企业与行业煤炭等的平均消耗量，本文根据1998年与2002年版本的国民经济行业分类与代码对1998—2002年的工业企业数据行业分类进行调整并统一为2002年行业分类，以保持所有企业所属行业的信息一致。

（二）数据说明与描述性统计

本文的企业数据来源于国家统计局1998—2008年规模以上工业企业数据库。除了企业地址信息，本文根据数据库中企业成立年份信息筛选出在1990—2008年间新成立的企业。行业煤炭、能源和电力二氧化硫排放强度数据来自1998—2005年《中国统计年鉴》。气象站点风向数据来源于1980—2010年中国气象局中国地面气象观测国际交换站年值以及日值数据集。表1为在省级边界上的地级市上风口位置处企业的主要变量的描述性统计。

表1 主要变量的描述性统计

变量	变量定义	均值	标准差	观测值
TCZ	取1为两控区；取0为非两控区	0.82	0.38	258 638
Down	上风口企业的主导风向到省界距离（千米）	48.28	45.55	258 638
Coal	行业平均煤炭消耗量（万吨）（1998—2005）	6.30	1.66	258 638
Energy	行业平均能源消费量（万吨标准煤）（1998—2005）	7.26	1.26	258 638
Electricity	行业平均电力消费量（亿千瓦时）（1998—2005）	2.95	1.07	258 638
SO ₂	行业平均二氧化硫排放量（千吨）（2003—2005）	278.58	481.05	258 638

数据来源：作者根据原始数据计算得到。

为了对原始数据进行初步分析，本文将所有企业分为重污染行业和非重污染行业两类，其中重污染（非重污染）企业为煤炭平均排放量75%分位点以上（25%分位点以下）的企业。分别观察在靠近省份边界的两控区和非两控区城市中，1998年前（后）成立的（非）重污染企业沿主导风向到城市的省边界距离的变化，并将密度图分别绘制在图1的(a)—(d)中。从图1(a)可以看出，在靠近边界的50千米近距离范围内，1998年以后成立的两控区重污染企业明显比非两控区重污染企业分布更多。而在图1(b)中，两控区和非两控区内1998年之前成立的重污染企业在靠近边界的较短距离内的分布则没有明显差异。图1(c)和图1(d)则分别将1998年之后（之前）成立的重污染企业均换成非重污染企业，从这两张图中也可以看到非重污染企业在较近的风向距离内的分布数量相差不大。四幅图都显示出并不是越靠近边界地区企业数量越多，这可能是由于企业选址还需要平衡众多因素。两省交界处往往属于偏远落后、地理自然环境相对较差的地区，这些地区交通不便，政府公共投资较少（唐为，2019）。此外，过于靠近边界地区将远离人口聚居区，可获得的劳动力资源相对短缺。最后，不同行业内的集聚效应也可能导致后进入市场的新建企业不会完全靠向边界设厂生产，而是在与同行业老企业更近的地理区域内选址。综合来看，企业直接在边界选址的多方面成本之和超过了风向搭

便车的收益,使得企业并没有选择全部在边界选址。即使通过原始数据进行粗略分析,依旧能发现两控区政策实施很可能使得污染企业的选址更加靠近边界上风口。

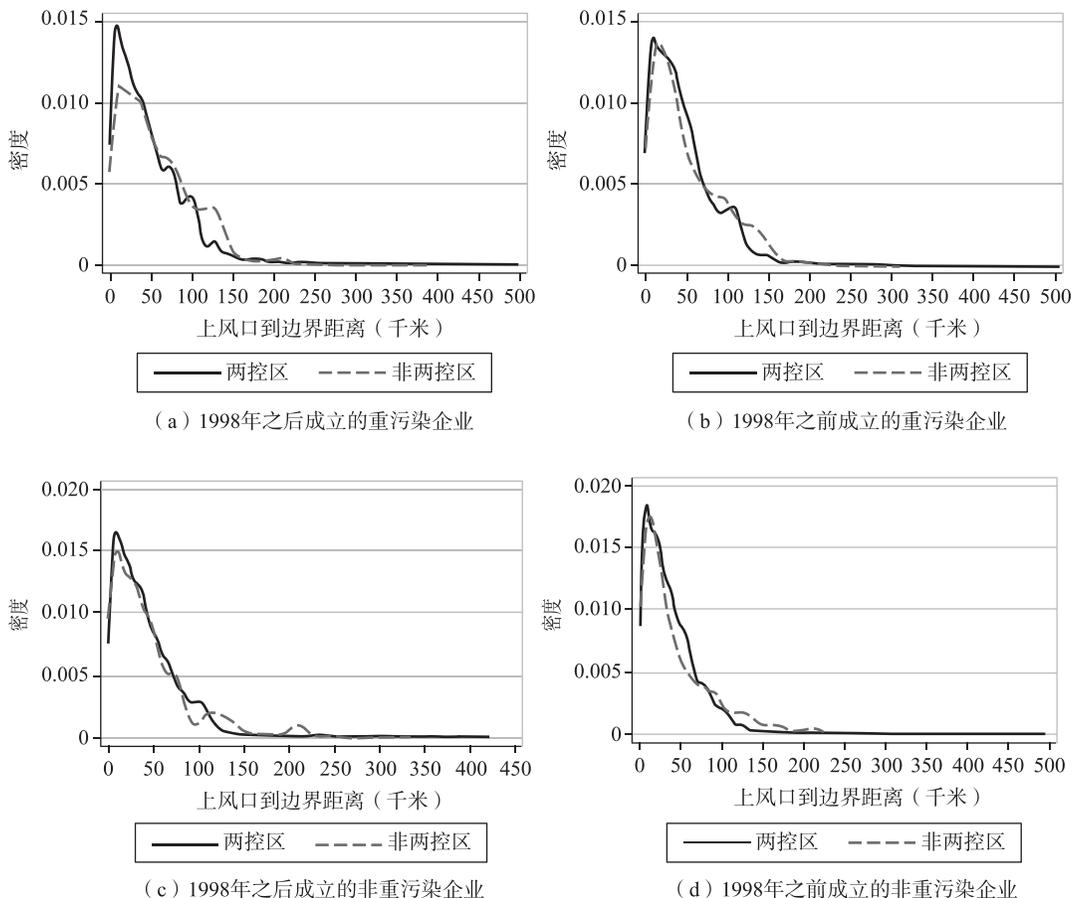


图1 (非)两控区(非)高污染企业的风向距离在98年前(后)的密度分布

资料来源:作者根据测算的企业主导风向距离信息绘制而得。

(三) 模型构建

为正式地分析两控区设立是否造成污染企业进行策略性选址应对,本文建立模型(1)。

$$y_{fict} = \beta_0 + \beta_1 TCZ_c \times Post_t \times \ln(Intensity_i) + \mu_{ct} + \delta_{ci} + \gamma_{ti} + \epsilon_{fict}, \quad (1)$$

其中 y_{fict} 为城市 c 中行业 i 在第 t 年建厂的企业 f , 其所处区域的上风口距离省级行政边界的距离; TCZ_c 为两控区虚拟变量, 当企业在两控区城市 c 选址时为 1, 否则为 0 (本文样本中共 179 个省份边界城市, 其中两控区 103 个, 非两控区 76 个); $Post_t$ 为年份虚拟变量, 当 $t \geq 1998$ 年时取值为 1, 否则为 0; $\ln(Intensity_i)$ 为企业所在行业 i 的煤炭平均消耗量、能源、电力消耗强度或二氧化硫平均排放量的对数值, 用来衡量行业的污染强度; μ_{ct} 、 δ_{ci} 、 γ_{ti} 分别为城市-成立年份、城市-行业、成立年份-行业虚拟变量。相关虚拟变量可以控制地区、行业层面随时间变化的不可观测因素, 例如城市房价变动、工业园区建设等因素对企业选址造成的影响; ϵ_{fict} 为误差项。本文选取 1990—2008 年新成立的企业数据对这一期间企业选址决策进行实证考察。

五、实证结果

（一）基准回归结果

本文利用三重差分模型（1）估计处于省边界城市在上风口的新建企业在两控区设立前后主导风向到边界距离的变化，估计结果如表2所示。表中第（1）—（4）列的结果显示，设立两控区以后煤炭、能源、电力消耗量以及二氧化硫排放量越大的行业，企业主导风向到边界的距离显著缩短。以煤炭消耗量为例，两控区的设立使得主导风向距离显著减小1.5千米。如果与两控区上风口企业48千米的平均风向距离进行粗略对比，则缩短的距离相当于减少了3.1%。这一结果也验证了图1的直观统计图。

表2 两控区设立对污染企业选址的影响：基准回归结果

	煤炭 (1)	能源 (2)	电力 (3)	二氧化硫 (4)
$TCZ_c \times Post_t \times \ln(Intensity_i)$	1.457*** (0.403)	-1.838*** (0.477)	-2.015*** (0.519)	-1.449*** (0.384)
城市×年份固定效应	是	是	是	是
城市×行业固定效应	是	是	是	是
年份×行业固定效应	是	是	是	是
R^2	0.553	0.553	0.553	0.553
样本量	258 638	258 638	258 638	258 638

注：估计系数的稳健标准误在城市层面聚类，聚类稳健标准误报告在括号中，*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ 。

基准回归结果为基于企业层面的风向距离变化，我们进一步将城市内企业个体的风向距离进行加总平均，并以各行业内企业数量作为权重估计两控区政策实施对高污染行业企业风向平均距离产生的影响，结果汇报在表3中。从表中的估计结果可以看到，两控区高污染行业企业距离边界上风口的平均距离也显著减小，这与本文企业层面估计得到的结论保持一致。

表3 两控区设立对污染企业选址的影响：城市层面平均距离

	煤炭 (1)	能源 (2)	电力 (3)	二氧化硫 (4)
$TCZ_c \times Post_t \times \ln(Intensity_i)$	-1.457*** (0.406)	-1.838*** (0.481)	-2.015*** (0.523)	-1.449*** (0.387)
城市×年份固定效应	是	是	是	是
城市×行业固定效应	是	是	是	是
年份×行业固定效应	是	是	是	是
R^2	0.897	0.897	0.897	0.897
样本量	32 897	32 897	32 897	32 897

注：估计系数的稳健标准误在城市层面聚类，聚类稳健标准误报告在括号中，*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ 。

(二) 稳健性检验结果

1. 动态效果检验

为了更清晰地展示两控区政策设立前后下风口新建污染企业到边界的距离变化情况,本文采用模型(2)进行系数的动态效果估计,并将三项交互项的系数绘图报告在图2中,其中系数的估计值采用了95%的置信区间。由图2可知,1998年两控区设立之前,两控区与非两控区的上风口企业位置距离省级边界的差异在靠近0附近波动且不显著。从1998年开始,两控区与非两控区上风口企业到省界距离明显向负方向跳跃。这一结果说明两控区和非两控区上风口污染企业的选址沿主导风向到边界距离在1998年以前没有显著差异,在1998年以后则更加靠近省界,这一结果也与本文的基本回归估计一致。

$$y_{fict} = \beta_0 + \sum_{t=1990}^{2008} (\beta_t TCZ_c \times Post_t \times \ln(Coal_i)) + \delta_{ct} + \gamma_{it} + \varphi_{ci} + \varepsilon_{fict}. \quad (2)$$

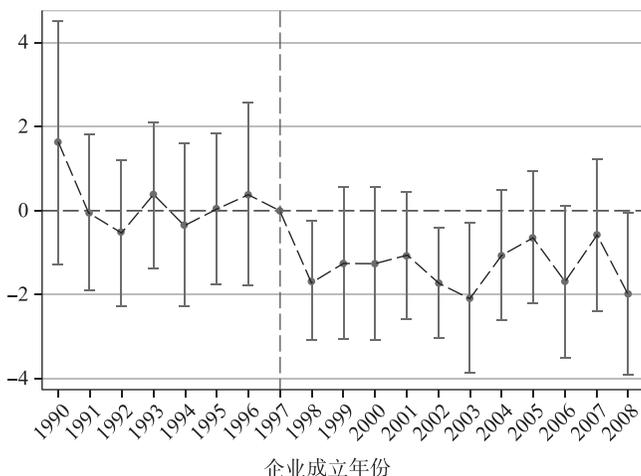


图2 两控区设立对污染企业选址的动态影响

2. 随机选取对照组的反事实检验

为了进一步缓解城市-年份-行业层面可能存在的遗漏变量对估计结果带来的影响,本文对于城市中的两控区样本进行随机选取。我们对179个省份边界城市样本中包括的103个两控区处理组进行随机选择,重复1000次形成新的反事实两控区城市变量 TCZ_c^{false} 。类似的,我们在1991—2007的年份区间内随机选择两控区政策实施的年份,重复1000次形成反事实年份变量 $Post_t^{false}$ 。如果本文利用模型(1)进行估计得到的估计结果是可靠的,则通过构建反事实变量进行回归得到的估计系数应该趋于0。我们将上述反事实变量带入模型进行回归得到的三项交互项 $TCZ_c^{false} \times Post_t^{false} \times \ln(Coal_i)$ 的估计系数及其 p 值的分布绘制在图3中。图3中的横坐标表示1000次回归的系数估计值,纵坐标表示相应的频数,由此可知反事实估计系数大致在0值附近呈对称分布,而模型的真实估计系数值位于该分布的最左端,比该真实值更小的反事实系数值出现的次数总和小于1%,说明根据本文的识别策略得到的结果比较稳健。

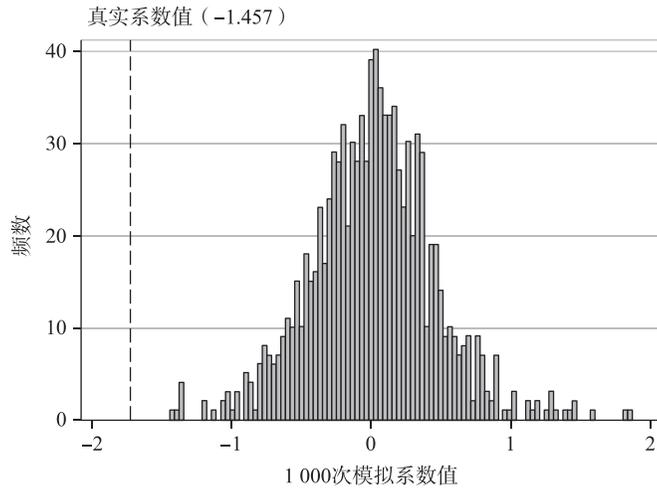


图 3 随机取值的安慰剂检验结果

3. 风向距离测算准确性的稳健性检验

影响本文结果可靠性的另一个问题是企业主导风向的测算是否准确。由于冬季污染物扩散条件较差，我国的空气污染问题主要集中爆发在冬季。而我国在冬季大部分地区盛行偏西风。因此如果本文对风向的测算结果是合理的，则由于西风风向与当地的主导风向更加接近，两控区设立后新建的污染企业将会在更靠近东边边界的区域进行选址。在表 4 中，本文以企业选址到东部边界距离为被解释变量带入模型（1）中进行回归，从第（1）—（4）列的结果来看，两控区污染企业在 1998 年以后到东部省边界的距离同样显著缩短。在表 5 中，本文以企业到西边省界的距离作为反事实检验，可以看到估计系数均为正。第（2）、（3）列的估计系数分别在 1% 和 5% 的水平上显著，说明两控区设立使得企业选址远离背向风口的方向。表 4 和表 5 的结果共同印证了本文风向距离测算的合理性。

表 4 两控区设立对污染企业选址的影响：西风向

	煤炭 (1)	能源 (2)	电力 (3)	二氧化硫 (4)
$TCZ_c \times Post_t \times \ln(Intensity_t)$	-1.559** (0.604)	-1.968*** (0.753)	-2.171** (0.867)	-1.612** (0.630)
城市×年份固定效应	是	是	是	是
城市×行业固定效应	是	是	是	是
年份×行业固定效应	是	是	是	是
R^2	0.813	0.813	0.813	0.813
样本量	258 638	258 638	258 638	258 638

注：估计系数的稳健标准误在城市层面聚类，聚类稳健标准误报告在括号中，*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ 。

表 5 两控区设立对污染企业选址的影响：东风向

	煤炭 (1)	能源 (2)	电力 (3)	二氧化硫 (4)
$TCZ_c \times Post_t \times \ln(Intensity_t)$	0.971 (0.748)	2.364** (0.965)	3.766*** (1.128)	0.840 (0.776)

(续表)

	煤炭 (1)	能源 (2)	电力 (3)	二氧化硫 (4)
城市×年份固定效应	是	是	是	是
城市×行业固定效应	是	是	是	是
年份×行业固定效应	是	是	是	是
R^2	0.743	0.743	0.743	0.743
样本量	258 638	258 638	258 638	258 638

注：估计系数的稳健标准误在城市层面聚类，聚类稳健标准误报告在括号中，*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ 。

4. 两控区与水污染行业的反事实检验

污染企业选址的风向搭便车行为，原因是两控区政策目标是使得区域二氧化硫浓度降低，那么当我们采用其他区域政策替代两控区政策，或者采用非二氧化硫高污染行业进行反事实检验时，风向搭便车行为应不复存在。第一，本文选取另一种对企业选址有重要影响的区域政策——设立经济开发区——进行反事实检验。我们定义虚拟变量 SPZ_c 为：当企业选址所在城市 c 为经济特区，或者所在城市有高新技术开发区、经济技术开发区、出口加工区之一时，变量 SPZ_c 为 1，否则为 0。由表 6 第 (1)–(4) 列的估计结果可知，将是否为两控区替换为是否是经济特区的虚拟变量，污染企业的策略性选址行为消失。这一结果说明污染企业选址的风向搭便车行为，主要与两控区环境规制政策有关。第二，采用与企业二氧化硫污染不相关的指标进行替换，我们预期企业选址与风向搭便车之间同样应不再有显著负相关性。本文与 Cai et al. (2016b) 的方法一致，根据原环境保护部 2010 年第一次全国污染源普查区分的 7 类水污染重点行业以及 23 类非水污染行业，设定虚拟变量 POL_i 。当企业 i 属于水污染行业则为 1，否则为 0，利用模型 (1) 进行估计的结果如表 6 第 (5) 列所示。由于采用了与二氧化硫不相关的污染企业分类标准，两控区上风口新建企业所沿主导风向到省边界的距离与非两控区企业相比不再有显著变化。这一结论进一步说明 1998 年以后两控区二氧化硫高污染企业更加靠近边界选址更可能是由风向搭便车所引发。

表 6 两控区设立对污染企业选址的影响：经济开发区与水污染行业反事实检验

	煤炭 (1)	能源 (2)	电力 (3)	二氧化硫 (4)	水污染 (5)
$SPZ_c \times Post_t \times \ln(Intensity_i)$	-0.162 (0.434)	-0.196 (0.516)	-0.282 (0.544)	-0.082 (0.413)	
$TCZ_c \times Post_t \times POL_i$					-1.421 (1.323)
城市×年份固定效应	是	是	是	是	是
城市×行业固定效应	是	是	是	是	是
年份×行业固定效应	是	是	是	是	是
R^2	0.553	0.553	0.553	0.553	0.552
样本量	259 118	259 118	259 118	259 118	257 449

注：估计系数的稳健标准误在城市层面聚类，聚类稳健标准误报告在括号中，*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ 。

5. 非省份边界城市的反事实检验

由于大气污染扩散受到的影响因素较多，因此污染企业借助风向搭便车进行选址策略性应对可能更多发生在距离省边界更近的城市。一方面，风向距离过长可能使得企业风向搭便车的有效性减弱，这一点从污染企业风向距离平均缩短 1.5 千米左右的实证结果中也可以看出来。另一方面，非边界城市的风向搭便车行为可能造成了本省下风口城市的大气污染，从省级地方政府的角度来看，这一行为从整体上损害的是本地区的利益，导致政企合谋无法形成。为了验证以上分析，本文考虑采用非省份边界城市内企业的主导风向和风向距离并根据模型（1）进行反事实分析，结果报告在表 7 中。从表中可以看到相关系数不再显著，说明对于非省边界区域的污染企业来说，两控区环境规制政策并没有引发污染企业的策略性应对行为，这与我们的推断一致。

表 7 两控区设立对污染企业选址的影响：非边界内陆企业反事实检验

	煤炭 (1)	能源 (2)	电力 (3)	二氧化硫 (4)
$TCZ_c \times Post_t \times \ln(Intensity_i)$	0.075 (0.751)	0.273 (0.952)	0.537 (1.072)	0.225 (0.736)
城市×年份固定效应	是	是	是	是
城市×行业固定效应	是	是	是	是
年份×行业固定效应	是	是	是	是
R^2	0.660	0.660	0.660	0.660
样本量	268 644	268 644	268 644	268 644

注：估计系数的稳健标准误在城市层面聚类，聚类稳健标准误报告在括号中，*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ 。

6. 去除部分重点污染城市

我国的部分重点城市的环境可能受到更加严格的监管，特别是由于奥运申办筹备等原因，重点城市可能受到更为严格的空气质量环境监管和工厂排污要求（Chen et al., 2013）。为此本文去除样本中部分奥运举办城市和协办城市，包括北京、天津、青岛、石家庄、秦皇岛、太原、呼和浩特、沈阳、上海，在此基础上利用子样本进行回归，回归结果如表 7 所示。可以看到相关系数均显著为负，表明企业选址的策略性应对行为不只发生在环境规制更加严格的城市，这也说明污染企业风向搭便车行为在两控区具有普遍性。

表 8 两控区设立对污染企业选址的影响：去除部分奥运重点环保城市

	煤炭 (1)	能源 (2)	电力 (3)	二氧化硫 (4)
$TCZ_c \times Post_t \times \ln(Intensity_i)$	-1.328*** (0.446)	-1.665*** (0.539)	-1.814*** (0.581)	-1.382*** (0.426)
城市×年份固定效应	是	是	是	是
城市×行业固定效应	是	是	是	是
年份×行业固定效应	是	是	是	是
R^2	0.569	0.569	0.569	0.569
样本量	188 816	188 816	188 816	188 816

注：估计系数的稳健标准误在城市层面聚类，聚类稳健标准误报告在括号中，*** $p < 0.01$ 、** $p < 0.05$ 、* $p < 0.1$ 。

六、结论与建议

环境管制如何影响污染企业选址?本文基于行政边界主导风向的污染搭便车行为,以我国两控区政策实施为准自然实验,考察了污染企业选址的策略性应对和环境监管规避行为。本文证实区域环境规制政策的实施使得靠近省份边界的二氧化硫污染密集型行业企业的风向距离显著减小,这一结果使用煤炭、能源、电力消费量以及二氧化硫排放量等作为行业污染程度的替代指标结果均保持一致。本文识别污染企业策略性选址应对行为的模型设定以及风向距离指标的合理性也得到了进一步验证。本文的结果也通过了一系列稳健性检验。

本文研究不仅有助于我们从企业环境监管规避视角来评估环境管制政策的实际效果,而且具有较强的政策内涵。正如本文所表明的,如果严厉的监管政策只是导致了污染企业的选址调整与监管规避,那么环境监管政策的实际效果必然会大打折扣。换言之,如果环境监管的加强主要地引发了污染企业的跨境甚至是跨国别转移,那么环保政策更多的是改变了污染排放的地理位置与空间分布,而对污染治理的总体效果就收效甚微了。本文的重要研究启示是,作为一项艰巨而又意义深远的治理工程,大气污染治理既要有严格的减排和监管措施,也必须通过建立完善的监督机制、形成合理的制度安排,尤其是通过有效的跨区域协同监管机制来缓解污染搭便车行为。只有中央和地方、地方政府之间协调配合形成区域环境保护的合力,才能打赢蓝天保卫战。

参考文献

- [1] 包群、邵敏、杨大利,“环境管制抑制了污染排放吗?”,《经济研究》,2013年第12期,第42—54页。
- [2] Becker, R., and V. Henderson, “Effects of Air Quality Regulations on Polluting Industries”, *Journal of Political Economy*, 2000, 108 (2), 379-421.
- [3] Cai, X., Y. Lu, and M. Wu, “Does Environmental Regulation Drive Away Inbound Foreign Direct Investment? Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China”, *Journal of Development Economics*, 2016a, 123, 73-85.
- [4] Cai, H., Y. Chen, and Q. Gong, “Polluting Thy Neighbor: Unintended Consequences of China’s Pollution Reduction Mandates”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2016b, 76, 86-104.
- [5] Chen, Z., M. E. Kahn, Y. Liu, and Z. Wang, “The Consequences of Spatially Differentiated Water Pollution Regulation in China”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2018, 88, 468-485.
- [6] Chen, Y., G. Z. Jin, N. Kumar, and G. Shi, “The Promise of Beijing: Evaluating the Impact of the 2008 Olympic Games on Air Quality”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2013, 66 (3), 424-443.
- [7] Copeland, B. R., and M. S. Taylor, “Trade, Growth and the Environment”, *Journal of Economic Literature*, 2004 42 (1), 7-71.
- [8] Dasgupta, S., B. Laplante, H. Wang, and D. Wheeler, “Confronting the Environmental Kuznets Curve”, *Journal of Economic Perspective*, 2002, 16 (1), 147-168.
- [9] 董直庆、王辉,“环境规制的‘本地—邻地’绿色技术进步效应”,《中国工业经济》,2019年第1期,第100—118页。
- [10] Duvivier, C., and H. Xiong, “Transboundary Pollution in China: A Study of Polluting Firms’ Location Choices in Hebei Province”, *Environment and Development Economics*, 2013, 18 (4), 459-483.

- [11] 范红忠、胡草，“政府管制与新建企业选址——来自中国工业企业的微观证据”，《经济经纬》，2017年第5期，第81—86页。
- [12] Javorcik, B. S., and S. J. Wei, “Pollution Havens and Foreign Direct Investment: Dirty Secret or Popular Myth”, *The BE Journal of Economic Analysis & Policy*, 2003, 3 (2), 1-14.
- [13] Keller, W., and A. Levinson, “Pollution Abatement Costs and Foreign Direct Investment Inflows to US States”, *Review of Economics and Statistics*, 2002, 84 (4), 691-703.
- [14] 李静、杨娜、陶璐，“跨境河流污染的‘边界效应’与减排政策效果研究——基于重点断面水质监测周数据的检验”，《中国工业经济》，2015年第3期，第31—43页。
- [15] 梁平汉、高楠，“人事变更、法制环境和地方环境污染”，《管理世界》，2014年第6期，第65—78页。
- [16] List, J. A., W. W. McHone, and D. L. Millimet, “Effects of Environmental Regulation on Foreign and Domestic Plant Births: Is There a Home Field Advantage”, *Journal of Urban Economics*, 2004, 56 (2), 303-326.
- [17] Monogan III, J. E., D. M. Konisky, and N. D. Woods, “Gone with the Wind: Federalism and the Strategic Location of Air Polluters”, *American Journal of Political Science*, 2017, 61 (2), 257-270.
- [18] 聂辉华、李金波，“政企合谋与经济发展”，《经济学》（季刊），2007年第1期，第75—90页。
- [19] Porter, M. E., and C. van Der Linde, “Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship”, *Journal of Economic Perspectives*, 1995, 9 (4), 97-118.
- [20] Qian, Y., and B. R. Weingast, “Federalism as a Commitment to Reserving Market Incentives”, *Journal of Economic Perspectives*, 1997, 11 (4), 83-92.
- [21] Revesz, R. L., “Federalism and Environmental Regulation: An Overview”, In: Richard L. R., S. Philippe, and B. S. Richard (eds.), *Environmental Law, the Economy and Sustainable Development*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, 37-79.
- [22] Shapiro, J. S., and R. Walker, “Why Is Pollution from US Manufacturing Declining? The Roles of Environmental Regulation, Productivity, and Trade”, *American Economic Review*, 2018, 108 (12), 3814-3854.
- [23] 沈坤荣、金刚、方炯，“环境规制引起了污染就近转移吗？”，《经济研究》，2017年第5期，第44—59页。
- [24] 沈坤荣、周力，“地方政府竞争、垂直型环境规制与污染回流效应”，《经济研究》，2020年第3期，第35—49页。
- [25] Tanaka, S., “Environmental Regulations on Air Pollution in China and Their Impact on Infant Mortality”, *Journal of Health Economics*, 2015, 42, 90-103.
- [26] 唐为，“分权、外部性与边界效应”，《经济研究》，2019年第3期，第103—118页。
- [27] 陶然、陆曦、苏福兵、汪晖，“地区竞争格局演变下的中国转轨：财政激励和发展模式反思”，《经济研究》，2009年第7期，第21—33页。
- [28] 王芳芳、郝前进，“环境管制与内外资企业的选址策略差异——基于泊松回归的分析”，《世界经济文汇》，2011年第4期，第29—40页。
- [29] Wu, H., H. Guo, B. Zhang, and M. L. Bu, “Westward Movement of New Polluting Firms in China: Pollution Reduction Mandates and Location Choice”, *Journal of Comparative Economics*, 2017, 45 (1), 119-138.
- [30] 席鹏辉，“财政激励、环境偏好与垂直式环境管理——纳税大户议价能力的视角”，《中国工业经济》，2017年第11期，第100—117页。
- [31] 徐志伟、殷晓蕴、王晓晨，“污染企业选址与存续”，《世界经济》，2020年第7期，第22—145页。
- [32] 曾文慧，“流域越界污染规制：对中国跨省水污染的实证研究”，《经济学》（季刊），2008年第2期，第447—464页。
- [33] 张彩云、盛斌、苏丹妮，“环境规制、政绩考核与企业选址”，《经济管理》，2018年第11期，第21—38页。
- [34] Zhao, L., and T. Haruyama, “Plant Location, Wind Direction and Pollution Policy Under Offshoring”, *The World Economy*, 2017, 40 (8), 1646-1666.
- [35] 周浩、郑越，“环境规制对产业转移的影响——来自新建制造业企业选址的证据”，《南方经济》，2015年第4期，第12—26页。

Moving with the Wind: Environmental Regulation Avoidance and the Adjustment of Firms' Location

PAN Guoqin BAO Qun*

(Nankai University)

HUANG Rui

(Hunan University)

Abstract: Polluting firms usually make location adjustment to avoid environmental regulation. Based on the Two-Control Zone (TCZ) policy, we study the impact of environmental regulation on firms' location decision. Base on the dominant wind direction, we find that in the upwind TCZ near interprovincial areas, polluting firms' distance to boundary is significantly shortened after strengthening environmental regulation. This finding provides new evidences to the necessity of strengthening regional joint prevention and control to prevent trans-regional pollution transfer.

Keywords: environmental regulation; firm location; pollution free-riding

JEL Classification: Q58, Q53, H77

* Corresponding Author: Bao Qun, School of Economics, Nankai University, No.94 Weijin Road, Tianjin 300071, China; Tel: 86-22-23509982; E-mail: baoqun@yeah.net.