

香樟推文系列之 14: 不同环境政策对经济活动和减排行为的影响评估^①

中国社会科学院经济研究所 张彩云

编者按：这是香樟经济学术圈在本刊推出的第 14 个推文。香樟经济学术圈是目前重要的经济研究平台，由北京大学国家发展研究院郑世林副研究员发起，于 2014 年 10 月 9 日成立。该平台由一批有奉献精神，活跃在经济学研究前沿的国内外青年学者组成，主要推送和解读经典和前沿学术文献，发布经济学学术信息，希望能为经济学理论发展贡献力量。

1. 三种类型环境政策对环境效率的影响^②

在环境政策日渐严格的背景下，企业仅提升经济效率是不够的，更重要的是，要找到提高环境效率的途径来维持竞争力。以之为出发点，Johnstone 等（2017）采用非参数生产前沿分析方法估计了 20 个国家 1990-2009 年火力发电部门的环境效率，旨在明确不同环境政策对环境效率的影响，并找到环境效率的其他影响因素。

作者将内在机理描述为三步：

第一步，关于环境政策的影响。一项生产活动的投入为劳动力、资本等要素，“合意”产出为消费品，“非合意”产出为污染物等给社会带来负面效应的产品。严格的环境政策会敦促企业降低污染物排放，若要维持“合意”产出的产量，受规制企业就需要进行创新，以缩小产出与技术前沿的距离，这时环境效率是增加的。

第二步，面对同样的污染物排放标准，采用不同燃料的企业所受到规制严格程度是不同的，具有不同规模和不同年份设备（可用企业年龄代表）的企业也会面临不同的排放浓度标准，这些因素会影响到环境政策作用的发挥。

第三步，严格的环境政策可能“倒逼”企业通过创新的方式应对严格的污染物排放标准，这会影响到环境效率。在此基础上，本文的学术贡献有三个：第一，在衡量环境效率时，在投入中考虑了创新这一要素；第二，特别关注到三种类型环境政策对环境效率的影响，还意识到企业异质性因素对环境政策发挥作用的影响；第三，本文采用高度细化数据探讨了环境政策、创新与企业竞争力之间的关系。

关于环境效率所包含的要素，投入指标采用劳动力、资本、能源、专利等四个，“合意”产出的指标是电力和热量，“非合意”产出为硫氧化物和氮氧化物排放量。采用非参数生产前沿分析方法估计的环境效率有三项，即：硫氧化物排放效率、氮氧化物排放效率

^① 张彩云，获南开大学经济学博士学位，现为中国社会科学院经济研究所副研究员、中国社会科学院大学经济学院副教授，作者电子邮箱：zhangcaiyunlisa@163.com。此文内容整理自作者撰写的香樟学术推文。

^② 本文来自“香樟经济学术圈”公众号 2017 年 6 月 21 日推文：环境政策设计、创新和电力行业效率提升。原文作者为张彩云。

和煤炭能源使用效率。影响环境效率的因素归结为三项：第一项，环境政策因素，包括环境规制强度、公共研发支出、煤炭价格三点；第二项，环境技术因素，即末端治理专利的比例；第三项，企业特征因素，囊括企业规模、企业年龄、烟煤消耗比例等三项。

实证研究所需指标为：（1）投出、产出所需指标：劳动力、资本、能源、专利、用电量、污染物排放等，来源于电力信息统计数据库、世界投入-产出表、OECD 劳动力统计资料、电力行业微观数据、专利申请数量的相关数据库、OECD 环境统计资料等。（2）表征环境政策的指标有三类：第一类，环境规制强度采用污染物排放标准表示，即总的污染物排放标准、根据企业规模调整的污染物排放标准、根据燃料类型调整的污染物排放标准、根据企业年龄调整的污染物排放标准等四个指标。一般以 mg/m^3 为单位，因部分国家采用其他标准，因此本文采用体积单位进行标准化转换，数据来源于国家环境法规数据库和国际能源署洁净煤中心排放标准数据库。第二类，价格机制指标：煤炭价格，数据来源于国际能源署能源价格和税收数据库。第三类，技术创新指标：公共研发支出强度，数据来源于国际能源署能源技术研发预算数据库。（3）表征环境技术的指标，用末端治理专利占有申请专利的比例代表。（4）表征企业特征的指标：燃料类型、企业规模、企业年龄，数据范围是电力行业，数据来源于世界电厂数据库等。本文所用数据涉及 34 个国家，其中绝大多数为 OECD 国家，5 个为非 OECD 国家，因不同指标数据可能性不同，最终采用 20 个国家 1990-2009 年的相关指标构建面板数据进行计量回归。

从核算及回归结果中得到四点结论：

（1）从环境政策实施效果来看，随着环境规制强度的增加，环境效率呈现先增后减的倒“U”型特征；随着时间推移，排放强度标准对环境效率的影响逐渐增强。说明环境政策的影响具有一定的滞后性，且具有其合理区间：当环境规制强度过大时，环境效率将会降低。

（2）环境规制实施标准在不同规模企业、不同燃料类型、不同年龄企业间的差异越大，环境效率越低，且这种负向影响会随着时间的推移而变大。这说明“一刀切”的环境政策不利于环境效率提升。

（3）煤炭价格的提升可能通过清洁能源和燃料的使用减少污染物排放，进而提升环境效率，但仅停留在改变能源结构而非技术创新层面，环境效率的增加是有限的，且这种正向影响极难捕捉。

（4）相关证据还表明：与末端治理技术相比，整体技术创新更有可能带来环境效率的提高。因为整体技术创新有可能鼓励企业将减排目标融入整个生产过程，从而综合考虑生产活动和减排活动，这会导致环境效率提升。而末端治理技术则不同，仅停留在最后的污染治理环节，很难获得整体的效率提高。

2. 命令 - 控制型和市场激励型环境政策能否减排并增效？^①

印度是全球范围内环境问题最多的国家之一，据 WHO 统计，全球 20 个大气污染最严重的城市中，印度高达 13 个。如此严重的环境问题背后，是大量汽车尾气排放、化石

^① 本文来自“香樟经济学术圈”第 292 篇微信推文。原文作者为张彩云。

燃料燃烧及经济规模迅速扩大。对此，印度相关部门制定了一系列环境政策来应对日益严重的环境问题，但是这些环境立法多是传统的命令 - 控制（Command-and-control，简称CAC）方式。与之不同，经济学家认为从长远角度看，以市场为基础的环境政策可能是更有效的方式，因为价格机制不仅更易实施，且对机构执行能力的依赖较小。Harrison(2015)通过比较命令 - 控制和价格机制两类环境政策，对印度制造业企业减排指标和生产率等表征经济效益的指标的影响，以明确：哪类环境政策对污染物减排更有效，且对企业生产活动的不良影响较小？

为验证本文的研究主题，作者采用双重差分法对相关指标进行回归。首先，研究命令 - 控制和市场激励两类环境政策对企业污染治理投资和煤炭消耗量的影响，以明确环境政策是否促使企业重视减排；其次，分析环境政策对生产率等表征企业经济效益的指标的影响；最后，验证环境政策是否达到了减排效果。其中，企业层面的面板数据来源于印度2000-2009年行业年度调查（Annual Survey of Industries，简称ASI），包括89946家企业污染治理投资（pollution control investment）、煤炭消费量等指标的数据。大气污染数据来源于Greenstone and Hanna（2014）文中提供的排污数据及印度能源与资源研究所（The Energy and Resources Institute）提供的能源数据年鉴（Energy Data Directory Yearbook），这些数据可用于分析环境政策对企业减排活动和生产活动的影响。

文中所用的被解释变量包括：（1）企业污染治理资本存量指标，主要指用于治理大气、水和危险物污染的投资，运用污染治理投资的数据通过永续盘存法来计算污染治理资本存量。（2）采用煤炭消费量、煤炭消费强度（单位产出所使用的煤炭量）作为被解释变量来验证价格机制的影响。（3）企业经济效益指标：一是企业生产率，采用索洛余量来计算企业生产率（Olley and Pakes, 1996；Levinsohn and Petrin, 2003），投入和产出都根据批发价格指数（industry-specific wholesale price index，简称WPI）进行平减，工资根据消费者价格指数（CPI）进行平减；二是，企业进入和退出指标。（4）大气污染指标，运用二氧化硫、二氧化氮、悬浮颗粒物（suspended particulate matter，简称SPM）表示。

主要解释变量包括：（1）命令 - 控制型环境政策，用相关环境立法代表（SCAP），环境规制覆盖了绝大多数地区，若在规制范围内则取值为1，若未采用则取值为0。（2）市场激励型环境政策，用煤炭价格（Coal Price）表示。因其可能存在内生性，本文采取两种方式应对，一是使用地区煤炭平均价格，二是借鉴Hausman（1996）的思路，采用相似企业在其他市场上面临的煤炭均价作为煤炭价格的工具变量。（3）高污染行业（HPI）划分，包括铝冶炼、基本药物和药品、烧碱、水泥、铜冶炼、染料及其中间体、发酵（酒精）、肥料、钢铁、皮革加工、石油炼制、农药、制浆造纸、石油化工、糖、火电厂、锌冶炼等，若企业为高污染行业则取值为1，若不是采用则取值为0。

回归结果有三个发现：

（1）命令 - 控制型环境政策和市场激励型环境政策均对企业污染治理投资和煤炭消费量无显著影响。作者进一步研究了两类环境政策对不同行业 and 不同规模企业的影响，结果显示：高污染的大型企业的污染治理投资易受命令 - 控制型环境政策的影响，且呈现增加的趋势；然而，中小规模企业更倾向于减少污染治理投资。出现这种现象的原因可能是环境政策的重点在规模较大、污染较强的企业，为保证经济效益而放松对规模较小企业的规制。值得注意的是，煤炭价格上升会对企业煤炭消费量有显著的降低作用。

(2) 不同的环境政策对企业经济效益影响不同。文章以企业生产率、进入和退出为例进行了实证研究, 结果显示: 命令-控制型环境政策对企业生产率和进入产生显著负影响。尤其对规模较大的高污染企业而言, 这种影响尤为明显。反之, 对规模较小的非高污染企业的生产率和进入概率均产生正影响。关于市场激励型环境政策, 高的煤炭价格会引致企业发生较低的进入概率和较高的退出概率。

(3) 从地区层面验证命令-控制型环境政策和价格机制对污染物排放的影响, 发现: 命令-控制型环境政策对悬浮物和二氧化硫均无显著影响, 但明显降低了二氧化氮排放; 煤炭价格的上升则在降低二氧化硫排放方面颇有成效, 原因是, 二氧化硫排放主要来源于煤炭燃烧, 煤炭价格上升直接影响到煤炭消费量, 进而减少二氧化硫排放。

总结上述研究结果, 可以看出: 不同类型的环境政策对企业减排行为产生不同影响, 进而影响到企业的经济效益和整个区域的减排效果。命令-控制型环境政策对企业减排活动的积极影响主要体现在规模较大的高污染企业, 却降低了规模较小的低污染企业的污染治理投资。此后, 规模较大的高污染企业生产率降低, 而规模较小的低污染企业生产率上升, 后者兼得减排和增效的“双重红利”。能源的价格机制不仅降低了企业煤炭消费量, 更对企业进入概率和提高了企业退出的概率产生显著影响。两类环境政策对企业施加的一系列影响直接降低了地区污染物排放量, 改善了生态环境。

目前来看, 环境政策分为命令-控制和市场激励两种类型, 两者各有利弊。命令-控制型环境政策具有强制性, 短期内直接增加了高污染企业的治污支出, 对环境质量的改善作用短期内可立竿见影, 这是第一个优势。因命令-控制型环境政策主要针对高污染企业, 因而会对不同类型企业经济效益产生不同的影响, 益于资源优化配置, 这是第二个优势。然而, 正是因为治污成本的增加主要体现在高污染企业上, 这会直接导致这些企业生产率降低, 经济效益下降, 这是其劣势。而市场激励型环境政策则会直接提高能源等排污量大的生产要素价格, 通过改变企业的生产要素结构逐渐减少污染物排放, 因而对企业生产率不会直接产生负面影响, 这是这类政策的优点。但是, 这类政策的也有其不利影响, 即: 生产要素价格提升短期内直接提高了企业进入市场的门槛, 降低其进入概率, 提升退出概率。

3. 浓度管理型环境政策对 FDI 的影响^①

自然实验法和双重差分法为环境政策的影响评估提供了重要工具。诸多研究之中, 关于“污染避难所”的验证是个热门话题, 从贸易、投资、企业选址、污染转移等角度进行验证的研究层出不穷。在以往研究的基础上, Cai et al. (2016) 选择“两控区”设立作为代表性环境政策展开自然实验, 采用三重差分方法 (DDD) 分析环境政策对 FDI 的影响, 无论是基准回归还是稳健检验, 都证明严格的环境政策减少了外资流入。

本文创新点有三个:

第一个, 相关研究所用数据大多来源于美国、韩国等发达国家, 本文采用中国的 FDI 数据验证“污染避难所假说”在发展中国家是否成立, 有助于明晰放松环境政策能否通过

^① 本文来自“香樟经济学术圈”第 676 篇微信推文。原文作者为张彩云。

吸引 FDI 来促进发展中国家的经济发展；

第二个，研究所用数据是中国最全面的企业数据（两次企业普查数据等）；

第三个，本研究采用“两控区”政策作为代表性环境政策，解决了以往环境规制指标的内生性问题。

本研究是在环境政策不断完善的背景下开展的。我国在 1987 年制定了《大气污染防治法》（APPCL），旨在保护生态环境，促进经济的可持续发展。国务院在 1998 年进一步推出了“两控区”政策，根据原环保部制定的二氧化硫排放标准，划定 175 个城市作为二氧化硫和酸雨控制区，主要治理蔓延全国的二氧化硫污染问题。无论是覆盖区域面积、涉及人口，还是涵盖区域的经济规模，“两控区”政策的影响极其广泛。被划定为“两控区”的城市，其环境政策实施更为严格。除此之外，国务院为“两控区”减排制定了短期（2000 年）和长期（2010 年）目标，在“两控区”所包含城市中，2000 年有 102 个城市达到了国家二级标准，2010 年又有 94.5% 的城市达标。

本文开展的实证研究来源于两个数据库，即：第一次和第二次全国普查数据，以及外商投资企业调查数据。两者虽各有利弊，但优势互补，能为本研究提供充足的数据基础。两次大规模的全国普查数据涵盖了详细的企业信息，例如地址、代码、行业、所有制、就业等等，但是缺乏 FDI 来源国这一重要信息，外商投资企业调查数据弥补了这一问题，该数据库不仅包含了中国 75% 的外资企业信息，且具有外资来源国这一项。两个数据库相结合可为本研究提供行业、城市、年份三个维度的新进入 FDI 和新成立外资企业的就业数据。数据的时间范围是 1992-2001 年。

本文的被解释变量是新进入 FDI 和新成立外资企业的就业人数。因城市特征会随时间而发生变化，双重差分法（时间和城市维度）可能使回归结果存在偏差，因而本文采用三重差分解决这一问题。具体来说，加入行业二氧化硫排放形成城市、行业、时间三个维度，进而构造交叉项来有效解决双重差分存在的问题。固定效应包括三项，即行业 - 时间、行业 - 城市及城市 - 时间，这不仅控制了空间溢出、区域性政策等城市层面的特征，而且还控制了技术、竞争程度、行业政策等行业层面的特征。

基准回归结果显示：，三重差分项的系数为负，说明“两控区”政策减少了污染行业外资流入，证实了“污染避难所假说”的存在。为保证回归结果的稳健性，文章首先考虑到了政策唯一性问题，若样本期间出现其他事件冲击 FDI，可能影响到回归结果。“两控区”政策实施期间，亚洲金融风暴会影响 FDI 流入，在剔除了来源于日本和韩国的 FDI 后，“两控区”政策对 FDI 的影响依然显著为负，通过了第一项稳健性检验。其次，考虑平行趋势问题，则对政策影响的滞后、超前和实时性加以检验。本文加入时间趋势进行回归，结果证明：“两控区”政策在 1997 年前对 FDI 无显著影响，从 1998 年该政策实施开始，其对 FDI 的影响在每一年都为负数，说明回归结果通过了平行趋势检验。再次，对基准回归结果进行安慰剂检验，因遗漏变量问题所导致的回归结果偏差，文章随机选择城市设定为处理组，其他城市为对照组，并进行了 500 次随机抽样。如果平均处理效应的均值为 0，说明遗漏变量问题未造成回归结果偏差，结果证实随机选择处理组后，平均处理效应约为 0。复次，采用工具变量进行稳健性检验。与多数研究一样，因风速和混合层高度影响到污染物扩散，研究选择通风系数作为工具变量，采用两阶段最小二乘法对方程进行估计，此时，

“两控区”政策依然对 FDI 存在显著的负向影响。最后，选择本土企业作为样本分析该政

策对本土企业就业的影响，分别选择本土企业、国企、非国企为样本加以回归，尚未发现“两控区”政策对这些样本存在显著影响。

此外，文章还根据 FDI 的来源国区分样本，检验“两控区”政策影响的异质性。与中国环境规制水平相比，作者将样本分为环境规制严格的国家和环境规制宽松的国家。分类标准有二，先于中国加入《联合国气候变化框架公约》和后于中国加入该公约的国家，是否先于中国签订《京都议定书》。结果发现，“两控区”政策对来源于环境规制严格国家的 FDI 无显著负向影响，对来源于环境规制宽松国家的 FDI 却具有显著的负向影响，主要对来源于这些国家的外资起到抑制作用，同样证明了“污染避难所假说”的成立。

无论是基准回归还是稳健检验抑或异质性分析，都证明严格的环境政策降低了外资流入，进而证明了“污染避难所假说”的存在。本文在政策事件选择、研究方法及数据处理方面，都具有一定创新性，尤其是运用严格的实证研究方法证明了文章结论，该过程对以后的研究很有启发。

4. 各类环境政策加总对行业空间布局及减排效果的影响

自 1980 年以来，我国水质的下降直接影响到居民生活质量和经济持续增长。考虑到这个问题，国家将环境质量改善作为目标写入五年规划，诸如“十一五”规划明确制定化学需氧量（COD）减排任务，且将该任务的执行效果纳入省、市、县长目标责任制。这一政策取得了一定成效，“十一五”期间，长江沿线 11 个省化学需氧量目标达成。意外的是，长江水质改善程度明显与化学需氧量降低程度不相符，上游和中游水质甚至在下降，这是本文所要研究的问题。关于这个问题的答案，Zhao et al. (2016) 指出两点原因：一是下游环境政策执行更为严格，企业的排污活动将从下游向上游转移，进而导致产业转移；二是地方政府对环境目标执行的侧重点集中在规章制度所提及的污染物减排上，未提及的污染物往往不受重视。

本文亮点有二：第一，环境政策实施强度指标的选择。与以往文献不同，本文基于地级市政府年度工作报告，统计环境、能耗、污染、减排、环保等与环保有关的关键词个数作为分子，分母为各地级市各年政府工作报告中关键词总个数（包括 GDP 增长、财政收入增长、居民收入、失业等等）。两者相除便是表征环境政策实施强度的指标。第二，本文在检验环境政策对污染行业产值、选址行为影响的同时，还检验了其对不同污染物排放的影响，同时检验了“污染避难所效应”和“双重红利假说”（经济红利和环境红利）。

2005 年以前，五年规划的主要目标集中在经济增长，考核评价指标体系也突出了经济增长的重要性，这直接激励经济增速大大提升；相伴而生的是，环境恶化问题日益加剧。“十一五”规划中关于环保的内容意味着中央政府提升了减排目标在考核评价指标体系中的地位，结果是：目标范围内的污染物（COD）减排卓有成效，部分地区甚至超额完成任务，这是上述第二个原因的机理。从环境政策实施角度看，地方政府将对企业制定更为严格的排污标准，企业将采用更为先进的减排设备，并加快运行频率。此外，更为普遍的方式为“拉闸限电”，即直接关停或者重组部分污染企业。这两类措施均会引发企业和污染

^① 本文来自“香樟经济学术圈”第 515 篇微信推文。原文作者为张彩云。

产业迁移到环境政策宽松的地区去，这是上述第一个原因的机理。

关于问题的第一个原因，本文采用固定效应模型验证环境政策实施强度对产业集中度的影响。被解释变量为 2006 到 $(t+1)$ 年 c 城市 i 行业产值占全国比重的变化，表示产业集中度变化，可反映产业迁移状况；主要解释变量为环境政策实施强度的变化；城市层面的控制变量包括城市 GDP、人口规模、平均工资率、FDI 等；此外，引入行业虚拟变量（污染行业 =1，清洁行业 =0）与环境政策实施强度的交叉项，用其系数若为负，意味着环境政策实施强度的增加将导致污染行业转出。关于问题的第二个原因，各城市环境年鉴报告了水污染物浓度（COD、BOD、NH₃-N、汞、铅、苯酚和石油），本文以之为例分析了环境政策对污染物排放的影响。

样本涉及长江沿线 11 个省份，85 个城市。所用的水质数据来源于长江沿线 57 个城市共 103 个水质观测站的统计数据。产业布局数据来源于中国工业企业数据库中企业位置、产值、代码等信息，由此计算每个城市二位数行业企业产值在全国的比例，该数值能够衡量产业转移。涉及水污染的制造业包括造纸及纸制品业、化学原料及化学制品制造业，此为处理组，对照组选择清洁行业，即通用设备制造业、电气机械及器材制造业。

回归结果表明：一个地区严格的环境政策会降低该地区污染行业在全国范围内的份额。具体而言，以 2005 年为基期，分三个时期对数据进行回归，发现交叉项的系数为负，且该系数随时间而变。环境政策实施强度每上升 1%，2006-2008、2006-2009 年间水污染行业比重分别降低 0.031%、0.032%。稳健检验将被解释变量更换为每个行业企业数量占全国比重代表后，交叉项的系数依然显著为负值；进行平行趋势检验后发现，2005 年之前环境政策实施强度变化对产业转移无显著影响。异质性分析分为企业所有制异质性、规模异质性及地理位置异质性，环境政策实施强度增加对民营企和小型企业的迁移影响较小，对国企和大型企业迁移的影响较大；环境政策实施强度增加后，水污染行业有向上游迁移的趋势。这对第一个原因的机理验证结束。

关于第二个原因的机理验证，环境政策实施强度增加对五年规划中涉及到的 COD 减排起到明显效果，但对其他污染物影响不明显，对石油类污染物浓度的影响甚至产生了正向影响。第二个原因的机理验证结束。

以往有大量研究针对“双重红利假说”和“污染避难所效应”分别加以验证，本文“合二为一”，分析了环境政策实施对产业迁移和污染物排放的影响。结果极具现实意义：中央政府制定的考核评级指标中包含了减排目标，地方政府据此层层发包以完成减排任务。结果可能是：减排目标中规定的污染物排放量下降，但其他污染物排放易被忽视。与此同时，相关的污染行业可能会向上游集中，恶化了整条河流的水质。这给我们的启示是：在制定减排目标时，要涉及各项污染物排放；在实施减排目标时，要尽快形成区域间合作的激励机制，以防出现“污染避难所”，从而使流域水环境保护政策的效果大打折扣。

参考文献：

Cai, X., Lu, Y., and Wu, M., et al., 2016, Does Environmental Regulation Drive away Inbound Foreign Direct Investment? Evidence from a Quasi-Natural Experiment in China, *Journal of Development Economics* 123, 73-85.

Harrison, A., Hyman, B., and Martin, L., et al., 2015, When do Firms Go Green? Comparing Price Incentives

with Command and Control Regulations in India, NBER Working Paper, No.21763.

Johnstone, N., Managi, S., and Rodríguez, M. C., et al., 2017, Environmental Policy Design, Innovation and Efficiency Gains in Electricity Generation, *Energy Economics* 63, 106-115.

Zhao, C., Kahn, E., Liu, Y., and Wang, Z., 2016, The Consequences of Spatially Differentiated Water Pollution Regulation in China, NBER Working Paper, No. 22507.