

排污权交易制度的污染减排效果研究

——基于浙江省重点排污企业数据的检验^{*1}

沈满洪 杨永亮

【内容提要】：中国的排污权制度试点多年，但是排污权交易的环境改善效果缺乏足够的深入定量研究。本文在回顾已有的影响企业废水减排效果研究的基础上，利用浙江省国家重点监控企业排污量和排污费数据，检验排污权交易在浙江省各地区试点过程中的污染减排效果。实证结果证实排污权交易对企业污染具有显著的抑制作用，其中重污染行业、核心城区的减排效果更明显，利用企业排污量为替代变量的稳健性检验也没有显著改变结果，考虑企业异质性后采用倾向得分匹配方法估算的结果也支持以上结论。最后根据研究结论提出了五点政策建议。

【关键词】：排污权交易 污染排放 污染减排

一、研究背景

改革开放以来，中国经历了史无前例的稳定经济增长，同时快速的城市化所带来的巨量污染排放也成为全球关注的焦点，环境质量也不断下降，甚至出现极端的局部环境恶化。污染的累积性和损害的长期性给治理污染增添了复杂性与困难度，环境的改善速度远远慢于工业化和城市化步伐，这与民众不断提升的对生活品质的追求背道而驰。在大气污染、固废污染、废水污染等三类主要污染中水资源所受污染尤其严重，世界银行报告认为中国70%河流水不适合人类生活使用^①，当前全国湖泊适合饮用水仅占比25%^②。命令控制性污染控制制度虽然在中国应用时间较长并取得了一定效果，但是它的制度刚性可能会限制经济潜在增长，而激励性制度还需进一步完善。Ebenstein(2012)通过对中国水污染导致癌症发生率提高的研究，发现水质每下降一个等级会提高消化道癌症死亡率9.7%，如果污水排放费率能提高一倍则每年能拯救1.7万人。Ebenstein et al. (2015)通过对1991-2012年中国经济增长过程产生的污染对平均寿命影响的研究，发现污染严重妨碍了健康水平的提升。同类研究都证实了这一观点，如Chen et al. (2016)对中国癌症发病现状的统计研究指出水污染是中国当前癌症发生率高的一个主要原因。由于财政分权和晋升模式的激励问题，部分地方政府使用降低环境准入(Wu et al., 2015)、放松监管(Zhang, 2012)等方式招商引资发展经济，甚至以邻为壑，Zheng and Kahn (2013)、陈真亮和李明华(2015)等都发现有效的制度是减少污染排放和改善水环境的关键。

中国政府对企业废水排放进行约束的正式激励性制度始于1982年的《征收排污费暂行办法》，该办法规定超过既定排放标准（数量或浓度）的企业需要缴纳排污费。由于征收费率低、约束作用弱，2003年开始改为所有企业排放的废水都要缴费，超过排放标准缴费额要加倍，2008年开始对超过排污标准的企业执行更为严厉的行政处罚。2001年嘉兴市出台了《水污染物排放总量控制和排污权交易暂行办法》，在全国范围内首先开始了水排污权交易尝试。2006年浙江省在杭州市和嘉兴市逐步推进排污权交易区域内试点，并向全省推广。2007年财政部、环保部、发改委先后批复了11个试点，第一个排污权交易中心落户浙江嘉兴。考虑到资源禀赋、社会经济、文化和技术的差异性，各地方政府和环保机构可以根据实际情况制定相关法规和细则，排污权交易逐渐开始在全国试点。排污权交易制度的试点推进过程建立在不断完善的排污许可制度和严格的排污权总量控

¹ 作者：沈满洪，浙江大学经济学院兼职教授、博士生导师，浙江省生态文明研究中心首席经济学家，宁波大学校长；（宁波 315211）
杨永亮，浙江大学经济学院博士研究生。（杭州 310027）

基金项目：国家社科基金重大项目《健全水资源有偿使用和生态补偿制度及实现机制研究》（14ZDA071）

制制度基础之上，给予企业减排的明确预期。对于污染减排技术水平高于同行的企业来说，发挥这种能力变得更加有利可图；对于污染减排技术水平低于同行的企业来说，生产成本会有所增加；因此企业会重新思考当前生产的盈利性，不断引入减排技术、投入污染减排设备处理废水。然而，虽然中国有着相对完整的污染控制制度体系和管理机构，但是污染控制制度的执行效果并不理想，部分地方政府出于地方经济增长和地方财政的考虑，对污染减排制度的推行构成阻挠。李胜兰等（2014）认为地方政府缺乏认真执行污染控制制度的激励，赵霄伟（2014）也发现地方政府促进经济增长的动机降低了环境政策的预期效果。当前试点地区反映出来的问题主要集中在初始排污权分配、排污费征收比例不足、政策性减免过多、排污费与排污权交易之间的制度耦合、排污权交易比率的设定（地区间和行业间）等方面。水排污权交易制度试点多年来一直难以推行（谢慧明、沈满洪，2016），环境污染事件此起彼伏，民众对企业污染环境的抱怨越发激烈。虽然中国水污染控制制度逐步走向全面、系统，但是对制度有效性的细致研究不足。

已有对影响企业污染排放的研究主要集中在省、地级市层面和行业层面，污染排放量和排污费地区加总数据的研究很难完全剔除其他因素的影响，因为地区的污染减排力度一定程度上由本地社会经济发展和文化背景内生决定；同时，宏观和中观层面样本量的不足也降低了研究结论的可信度。基于微观企业视角的研究一定程度上能减轻上述问题的影响，有助于加深对制度减排效果的认识，有利于研究者和政策制定者深入把握企业污染减排的作用机制。目前，从中国企业污染排放角度对排污权交易实施效果的研究还较为缺乏。

本文以浙江省 2006 年从杭州市和嘉兴市逐步向全省推进的排污权交易试点为背景，以浙江省废水排放重点监控企业为样本，使用企业废水排放量和排污费缴纳额数据研究排污权交易制度的推行对企业污染排放的影响^③。对比已有研究，本研究结论更具有直接性，能弥补国内从企业层面量化排污权交易制度绩效相关研究的不足，丰富中国污染控制制度绩效研究，为进一步提高中国污染控制制度的有效性和改善生态环境做出贡献。

二、文献回顾

企业是污染排放的主体，已有文献中对企业污染排放影响的研究分布在多个领域，主要可以归纳为以下几个方面。

（一）地方环境管制力度

王红梅（2016）对中国环境规制工具的比较研究认为，对污染减排起主要作用的是约束性环境管制工具和排污收费制度，该结论也被 Zhang and Kahn(2013) 支持。约束性环境管制工具主要面向地方政府和环境管理部门，而对于企业污染排放影响最直接的作用来自于环保部门征收的排污费，Wang and Wheeler(2005) 基于 3000 家国家重点监控污染企业排污数据证明中国排污费制度的减排有效性，李永友、沈坤荣（2008）基于中国省级工业污染数据发现环境制度的减排效果主要是通过排污费实现，作用弹性可以达到 0.4，Fujii and Managi(2013) 证明中国对废水征收排污费的确可以有效减少废水污染物排放。也有研究认为中国排污收费制度并没有起到减排效果，如 Lin（2013）发现检查增加一次，企业自我主动上报的排污量增加 3.45%。乔志林等（2009）利用实验经济学方法观察不同情况下排污权交易制度效率，发现如果排污许可市场并非完全竞争而是更倾向于寡头或垄断市场，则污染减排效果还是征收排污费更好。

（二）外商直接投资

是否是外资企业是衡量污染排放强弱的一个重要变量。“污染天堂”假说认为外资企业倾向于从环境管制严格的发达国家和地区转向不发达国家和地区，可能造成的结果是外商投资越高的地区污染越严重。但从中国目前的经济发展阶段来看，外资企业相比本地企业一般有着统一的、更严格的环境标准、更好的污染减排技术，如 Wang and Jin（2007）发现在中国外资企业比国内企业污染更少，因为有更高的能源利用效率和先进技术，其溢出效应有助于东道国改善环境质量。许和连、邓玉萍（2012）认为“污染天堂”假说在中国不仅不能成立反而有利于 FDI 集聚区改善环境质量，外资企业面临更严格的环境监督、更少的排

放费减免政策以及违约成本高，在经营过程中更加注重污染的产生和排放问题。Lin and Sun (2016) 基于 2000–2010 年间 13663 个新建立的外资企业选址和环境管制变革，发现外资企业的确更少的分布于环境管制严格地区。Zheng and Shi (2017) 发现“污染天堂”假说不一定不存在，依赖于行业特征和制度安排。

（三）上市企业

上市企业知名度普遍较高，信息公开制度还要求企业公布年度消耗的水资源量、污染物浓度数量和去向以及可能对环境造成的影响等，民众普遍对上市企业造成的污染和是否履行社会责任更加关注，所以上市企业有激励采用先进的处理技术减少污染物排放等。基于股市的放大效应，一方面从企业声誉的角度，良好的污染排放信息和表现会增加企业声誉吸引更多投资者，另一方面从风险防范的角度，上市企业也会更注重排放污染造成的影响，因为上市企业受到更多的部门监管，股票市场会加重对环境破坏后果的惩罚，如 Capelle-Blancard and Laguna (2010) 对化学品灾难引起股市动荡的研究。上市企业筹集资金成本低、周期长，用于污染减排的费用可以认为是一种长期投资，这种长期投资反而是一种提高竞争力的方法。考虑到中国股票市场对于企业盈利性与分红的关注度并不高，以及企业获取声誉的动机，而上市企业面临环保部门更严格的监管和广泛的公众监督，所以上市企业可能有更强的激励去控制污染排放。

（四）排污权交易

以科斯为代表的产权理论认为明晰的产权能减少负外部性，而污染排放具有明显的负外部性，排污权交易的前提是排污许可证的分配、排污权的确立。排污权交易制度的推行过程伴随着整个社会产权保护概念的普及，民众良好的产权保护意识能减少负外部性，这不仅会增加排污企业的经济成本还会降低排污企业的形象，进而能促进企业减少污染排放。Jang et al. (2014) 基于 2006–2007 年全国重点污染企业污染排放数据对影响企业排污的因素进行了研究，发现更好的产权保护能有效降低企业排污量，杨珍增 (2015) 也得到类似结论。李永友、文云飞 (2016) 基于自然实验法对 2007 年扩大排污权试点范围前后 11 个地区排污权试点效果进行了检验，结果证明中国排污权交易制度整体上是有效的。李永友、沈坤荣 (2008) 基于 1994–2006 年省级工业污染排放数据的研究认为排污权交易地方试行效果并不显著，这可能是因为 2007 年以前全国并没有排污权交易正式的法律法规，虽然存在小范围试点，但是交易量少，而且只是局部地区。涂正革、谌仁俊 (2015) 认为由于中国排污权市场还未建立、相关制度缺乏激励性等，从宏观数据上看排污权交易并没有显著的改善地区污染排放和环境质量，这可能是由于使用 DID 方法过程中控制组的选取问题低估了政策效应。

（五）其他企业特征

关于企业特征影响企业排污的研究，主要从公司出口活动、公司规模、财务状况和员工受教育程度等方面展开。随着环保部门排污收费制度执行力度增强，企业的污染排放强度提高，一般研究认为其与企业规模负相关，小企业的短期盈利需求更强、生存成本更低。Jiang et al. (2014) 认为大企业更有能力从长远角度出发投资减排设备和引进先进生产技术，而小企业进行这些升级更容易受到融资约束。出口企业一般都比同类非出口企业生产效率更高、规模更大，因为只有具备比较优势的企业才会选择出口，所以企业污染排放强度随出口比例增加而降低。Dong et al. (2011) 等研究认为企业污染排放强度也与员工受教育程度有关，受过更高水平教育的人更在乎生活的环境、饮用的水，而且会采取行动维护良好的环境，同时拥有较多受过高等教育员工的企业更有能力去进行污染减排和技术创新。

三、模型构建与数据来源

（一）变量设定与模型构建

本文被解释变量为企业污染排放的变化，这里使用对数化的企业单位销售额排污费缴纳金额，用 $\text{Log}(\text{Waste})$ 代表。采用强

度指标是相关研究中较为常用的做法，Jiang et al. (2014) 采用单位销售额排放量作为指标，考虑到企业污染排放量数据的完整性不足采用排污费额作为代理变量。作为对比，本文提供对数化的单位销售额排放量 $\text{Log}(\text{Discharge})$ 结果作为参考。有部分研究简单使用排污税费总量指标，其缺陷在于宏观总量指标与社会经济发展、污染处理技术密切相关，内生性问题导致难以精确衡量污染改善程度（包群等，2013）。本文主要采用的解释变量为本地区排污权交易开展情况④，用虚拟变量 Trade 表示，地方排污权交易试运行情况根据国家、省和地方环保部门网站查询得到⑤，开展排污权交易的地区赋值为 1。

根据相关文献，企业的污染减排行为可能受政府环境管制力度、公司特征、地方社会经济条件等多种因素共同影响，本文尽可能全面考虑相关控制变量以减少潜在遗漏变量的影响。①环保力度：引入 Levy 考察环保部门排污费征收力度对企业排污强度的影响，计算方法为企业排污费用除以排放量，主要考虑到各地方对于污染排放的减免政策不同、征收标准设定以及灵活性存在差异，同时尽量剔除因为其他污染控制制度差异导致的影响。②企业所有权性质：外资企业用虚拟变量 Foreign 表示，外资企业赋值为 1，非外资企业赋值为 0。③信息公开程度：上市企业用虚拟变量 Public 表示，上市企业赋值为 1，非上市企业赋值为 0。④企业进出口状况：用企业出口额除以销售额，用 Export 表示。⑤企业规模：用企业员工总数对数代表公司规模，用 FirmSize 表示。⑥企业财务状况：用 ROA 和 Leverage 代表公司财务状况，其中 ROA =公司税前利润/总资产， Leverage 为杠杆比率。⑦人力资本：用 Education 代表员工受教育程度，这里采用员工受过高等教育的比例。⑧人口密度：用 Pop 表示对数化的每平方千米人口数量。⑨经济发展水平：用 Pgdp 、 Pgdp^2 分别表示地方人均 GDP 和人均 GDP 的平方，再进行对数化处理。本文使用的宏观经济变量均经过价格指数调整，以 2006 年为基期。

$$\text{Log}(\text{Waste})_i = \beta_0 + \beta_1 * \text{Trade}_i + \sum \gamma_j * X_{ij} + \alpha_0 * \text{Year}_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

其中 X_{ij} 表示第 i 个企业的第 j 个控制变量（上述 9 类指标）， Year 表示时间虚拟变量。

（二）研究方法

本文对模型（1）采用 OLS 进行估计，考虑到区域差异和行业异质性问题，将分组分别进行检验；考虑到污染排放强度指标的稳健性，使用对数化的单位销售额排放量进行稳健性检验。本研究中污染企业虽然分布广泛但总量并不大，企业的异质性是得出精确结论的关键。OLS 方法虽然能克服组间差异性检验不考虑其他控制变量的缺陷，但是被解释变量的独立性假设经常不能满足；倾向值匹配方法在可忽略性假设成立的情况下，被解释变量独立于解释变量，本研究协变量适度，采用倾向值匹配方法较为合适。因此，本文在 OLS 估计结果后采用倾向值匹配方法估计作为对照，以所有控制变量作为匹配变量计算倾向值得分，然后把倾向匹配得分最相近的处理组与控制组进行对比，尽量减少可能存在的内生性问题。为考察平均处理效应 (Average Treatment Effect, ATE)，使用最为常用的 Logit 估计倾向值，并采用有放回匹配以减少匹配失败概率。在进行倾向值匹配时，匹配方法主要分为 K 阶临近匹配、卡尺匹配、条状匹配和核匹配等；在计算标准误时，主要分为自助标准误和异方差稳健标准误，由于具体方法的选择没有绝对正确的准则，可以采用多种估计方法并将结果对比以考察结果的稳健性。本文使用 stata13.1 进行数据处理。

（三）数据来源

本文使用数据主要包括地区社会经济数据、企业特征和财务数据、企业污染排放和排污费缴纳金额数据。地区社会经济宏观数据主要来自 2007-2008 年《浙江省统计年鉴》。企业特征和财务数据来自《中国工业企业数据库》，该数据库囊括企业运营所有重要的方面，根据企业区位、名称和公司代码等信息与企业排污数据进行匹配，并根据已有研究（聂辉华等，2012）对可能存在的问题进行修正。

原国家环保总局从 2007 年开始建立国家重点监控（污染）企业名单，要求各级环保部门监控、收集和整理重点监控企业污染排放量、排放浓度和排污费征收情况，并部分公开以供监督^⑥。浙环发〔2007〕36 号规定建立企业排污的增量、减量、变量信息数据库，加强污染企业排污数据收集与整理，从此浙江省重点污染源数据开始有系统记录，这使得对影响企业排污的决定因素研究、考察企业级污染控制制度的有效性成为可能。浙江省国家重点监控企业 2007 年废水排放量和 2007-2008 年排污费征收额数据为浙江省环保厅提供，包括 2007 年 297 家企业和 2008 年 269 家，分布在浙江省所有地区，这些企业直接受环保部监督，数据相对完整，是目前关于企业排污量和排污费征收情况最详尽的数据。本文的研究时段为 2007-2008 年，一方面是因为《中国工业企业数据库》中 2008 年以后数据质量有所下降、与之前不能很好匹配，而此数据库是目前研究非上市企业最完善、最客观的数据集；另一方面是因为浙江省国家重点监控企业的排放量和排污费数据公开时间的限制。

四、实证检验

（一）相关性分析

变量的相关系数矩阵如表 1 所示，可以发现外资企业和上市企业都有比较低的污染排放强度，排污权交易的开展显著与企业排污强度负相关，企业规模越大、员工受教育程度和出口比例越高，企业排污强度越低。企业排污强度与地方性社会经济指标的相关系数表明，人口越密集、经济越发达地区，企业排污强度越低。

表 1 变量相关性系数矩阵

	Waste	Foreign	Public	Export	Firm-size	ROA	Education	Trade	Pop
Foreign	-0.071*	1							
Public	-0.052	-0.161*	1						
Export	-0.051*	0.232*	0.168*	1					
Firm-size	-0.143	-0.031	0.089*	0.001	1				
ROA	0.022	-0.200	-0.019	-0.004	0.012	1			
Education	-0.110*	0.158*	0.071*	-0.002	0.161*	-0.005	1		
Trade	-0.021*	-0.013	0.022	0.091	0.141*	0.019	0.089*	1	
Pop	-0.026*	0.019	0.113*	0.021	0.021	0.023	-0.003	0.152	1
Pgdp	-0.091*	0.019	0.098*	0.032	0.092	0.031	0.087*	0.121*	0.132

* 代表 5%显著性水平

（二）基本实证结果

为了检验影响企业污染排放强度的因素，构建的回归模型中企业污染排放强度是企业所有制结构、制度实施情况、企业特征、城市特征、行业效应、年度效应以及随机误差项的函数，并使用 OLS 方法进行估计。实证结果表明，外资企业特征与企业污染排放显著负相关，而且显著异于零。这表明相对于国内企业，外资企业普遍具有较低的污染排放强度，再从出口企业也显著具有较低的污染排放强度可以得出，“污染天堂”假说在中国可能并不成立。在考虑了企业规模因素后，上市企业污染排放强度依然更低，统计上也是显著的。在控制其他地区社会经济特征的基础上，排污权交易的开展显著的降低了所在地区企业污染排放强度。由于样本企业都是污染较重的企业，推广排污权交易制度的过程中很可能出现样本企业与非样本轻污染但是有富余排污许可证的企业进行交易，当然这需要进一步研究来进行验证。其它企业特征的回归系数与已有研究类似，规模越大、出口比例越高的企业明显具有更低的污染排放强度；ROA 越差、杠杆比率越高的企业污染排放强度越高，这不仅表明企业本身可能经营不善，同时也表明企业的决策并不是从长期利益出发，财务状况恶化将加大企业投机风险，虽然杠杆比例系数并不

是一直显著。地方经济特征如人口密度、地方人均 GDP 产值等系数符号也与预期相符，即经济越发达、人口越密集，企业污染排放强度越低，这可能是地方经济发展内生所决定，毕竟城市化过程也是伴随着重污染企业从城市向外迁移的过程。

表 2 OLS 回归结果

	Log(Water)	Log(Water)	Log(Water)	Log(Water)	Log(Water)
Foreign	-1.312**(0.613)			-1.214**(0.418)	-1.191*(0.644)
Public		-0.778**(0.351)		-0.511*(0.318)	-0.472*(0.285)
Trade			-0.382*(0.217)	-0.221**(0.101)	-0.185**(0.075)
Levy					2.141*** (0.295)
Firm-size	-0.895*** (0.157)	-0.657*(0.482)	-0.954*** (0.247)	-0.919*** (0.242)	-0.898*(0.548)
ROA	-4.892*(2.841)	3.834(3.65)	-13.212(22.16)	-2.549*(1.510)	-1.816(1.473)
Education	-2.654(3.981)	-0.314(1.739)	-5.312*(2.815)	-2.876(2.711)	-2.638(3.961)
Export	-0.941**(0.338)	-0.418*(0.298)	-0.771**(0.279)	-0.914**(0.346)	-0.618*(0.407)
Leverage	0.365*(0.209)	0.342**(0.141)	0.7674*(0.418)	0.571(0.858)	0.493(0.621)
Pop	-7.212**(2.693)	-1.412(1.983)	-8.433*(5.019)	-4.761(11.910)	-2.852(8.041)
Pgdp	-0.576*** (0.193)	-0.131*(0.083)	-0.712*** (0.209)	-0.433*(0.283)	-0.387*(0.218)
Pgdp2	0.069** (0.025)	0.021(0.218)	-0.0743*(0.0419)	0.0348*(0.021)	0.0262*(0.0181)
行业控制	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份控制	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本数	554	554	554	554	554
R-square	0.514	0.464	0.565	0.795	0.816

*、**、*** 分别代表在考虑区县稳健标准误下 1%、5%和 10%显著性水平显著；下方括号内为重复 1000 次的 bootstrap 标准误。

（三）考虑行业和地区差异的实证结果

重污染排放企业通常集中在确定的行业和地方，有必要检验这些影响企业污染排放强度的因素是否存在群体性差异，比如不同类型地区或者行业。为了剔除是否是重污染行业的影响，这里将行业分为重污染行业（65%）和非重污染行业两组进行检验⑦。同时考虑到区和县虽然统计上对等，但是区一般更接近区域政治中心，地方政府在规划上更倾向于将污染远离市中心，这里也分组进行检验。

分行业分组的实证结果可以发现，相对于不分组结果，重污染行业的外资企业与企业排污强度的系数更小，而且依旧在 5%水平下显著，而其它行业系数变大且显著性水平有所降低，这可能是与浙江省样本企业中外资重污染企业占比较少有关，而剔除重污染企业后，外资企业相对国内企业更好的减排效果也有所降低。上市企业与企业排污强度系数也出现变异，上市企业中的重污染行业明显有更低的污染排放强度，这可以理解为重污染行业受到更多的社会监督，而上市企业中的其他行业减排效果显著性水平上并不显著，这可能是因为当前的环境信息公开只要求公布对环境有显著影响的事件，这类企业并不受此约束，而此类上市企业没有激励采取显著高于同类企业的减排技术。排污权交易变量的系数也出现重污染行业比不区分行业更加明显，而对应的其他行业系数虽然显著性水平上依旧显著，但回归系数更接近零，通过构建系数结构变化检验可以认为是与不区分行业存在显著差异的，这可以理解为当前的排污权交易制度的推行还处于试点阶段，在推行力度有限的情况下，只有对制度本身最为敏感的重污染行业企业积极参与。

按地区分组的实证结果表明，企业在市区和县里的排放特征存在显著差别，在市区的外资企业明显有更强的激励去减少废水排放，比不分组情况下更为明显，而这种现象在县里并不显著，同时在县里的上市企业也表现出与企业排污强度系数更接近零且显著性水平明显降低的情况，这可能因为是样本上市企业在市区的更多，而县里的上市企业都受到当地重点扶持，并不与其它上市企业受到同样的严格监督。排污权交易变量对于降低企业排污强度的作用在市区仍然表现明显，但是在县里不再显著，这可能是由于试点区域目前不多，而试点本身都是从市区向全境逐步推广，市区的企业更早地受到排污权交易制度推行的影响，而其对县里企业的影响更加滞后。其他变量如企业特征和地方社会经济特征的系数大小与显著性水平也与不分组结果有差异，但都在可预期范围内，影响方向并没有显著改变。

表 3 按行业按地区分组回归结果

	Log(Water) Heavy	Log(Water) Non-heavy	Log(Water) District	Log(Water) Country
Foreign	-1.412**(0.619)	-0.315*(0.208)	-1.712*(1.010)	-0.814(1.953)
Public	-1.212**(0.519)	-0.365(0.582)	-0.301*(0.148)	-0.511*(0.307)
Trade	-0.411**(0.181)	-0.121*(0.079)	-0.382*(0.211)	-0.221(0.320)
Firm-size	-0.680*** (0.186)	-0.712*(0.419)	-1.021** (0.381)	-0.705* (0.410)
ROA	-8.452*(4.984)	5.240(8.843)	-5.741(6.197)	-4.315(5.928)
Education	-1.339(3.934)	-4.931(9.238)	-3.201** (1.391)	-1.805(2.810)
Export	-1.211(2.920)	-0.582** (0.211)	-0.591(1.028)	-1.211** (0.531)
Leverage	0.151*(0.0891)	0.455*(0.301)	0.915*(0.622)	0.612*(0.496)
Pop	-5.891** (2.217)	-4.278(5.308)	-7.512** (2.819)	-5.355(9.381)
Pgdp	-0.722*** (0.170)	-0.310*(0.273)	-0.982*** (0.208)	-0.613* (0.428)
Pgdp2	0.110** (0.041)	0.086(0.117)	0.108** (0.052)	0.0348(0.174)
行业控制	Yes	Yes	Yes	Yes
年份控制	Yes	Yes	Yes	Yes
样本数	360	194	412	142
R-square	0.582	0.511	0.495	0.682

*、**、*** 分别代表在考虑区县稳健标准误下 1%、5%和 10%显著性水平显著；下方括号内为重复 1000 次的 bootstrap 标准误。

（四）污染排放强度稳健性检验

考虑到用企业排污费作为企业污染排放强度衡量指标的稳健性，表 4 中的(1)–(4)列使用已有研究中采用的企业排污量指标作为替代，第五列增加企业排污费征收执行力度变量来考察现有排污费征收体系的效果与空间，由于企业排污量数据的可得性，在匹配完相关数据后，仅剩 167 个样本数据供使用。通过将企业排污强度指标更换为企业排污量指标可以发现，虽然相关系数有较大变化，但是作用方向与显著性水平并没有明显变化，其他企业特征变量、地方社会经济变量的系数与显著性也与预期相符。最后引入排污费征收执行力度变量，发现环保部门的排污费征收对企业减排显著有效，这也与已有研究相符；同时引入排污费征收执行力度变量后并不改变结果。有研究认为地方环保执行力度是地方经济发展内生决定的，本文引入其与已有研究进行对比。

（五）倾向得分匹配检验

在使用倾向得分匹配方法时，先根据所有匹配变量计算匹配得分，通过对比控制组与处理组的倾向得分情况（如图 1 所示），可以发现处理组与控制组之间倾向得分存在显著差距，企业的异质性问题应予以考虑。两组倾向得分数据存在较大范围的共同区间，这意味着采用倾向得分匹配方法相对容易寻找到匹配对象，根据倾向得分匹配方法计算的结果如表 5 所示。可以发现，开展排污权交易的地区，企业显著有着更低的污染排放强度，对比表 2 可以发现，考虑企业异质性问题以后，这一作用更加显著。从分组匹配的情况来看，排污权交易制度推行带来的减排作用对重污染企业更加明显，而对非重污染企业无论经济意义还是统计意义都相对更弱。排污权交易的减排主要体现在市辖区，这可能是因为靠近城市的企业更容易受新政策影响，而且受到更严格的监管。通过对比可以发现，不同匹配方法间结果差异不显著，研究结果可信度较高，本部分的结论基本与 OLS 回归类似，进一步验证了即使考虑企业异质性问题，排污权交易带来的减排效果依然存在。

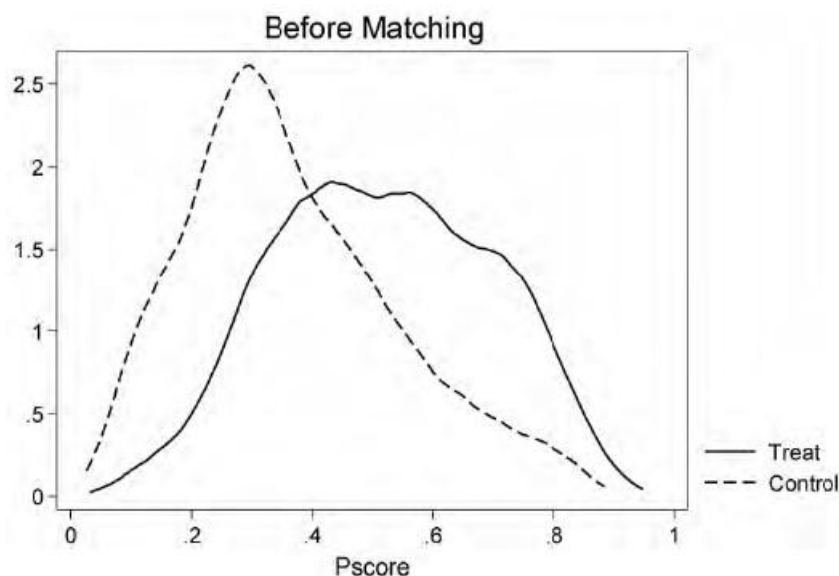


图 1 处理组与控制组倾向得分密度分布

五、研究结论与政策启示

本文在考虑其他企业特征如企业规模、出口比例、杠杆比率以及 ROA 等因素，以及地方社会经济特征如地方人口密度、人均 GDP 等因素的基础上，使用企业排污费数据证明了排污权交易试点对企业污染减排的积极效果，并进一步验证了外资企业和上市企业的企业废水排放强度会更低。根据企业所在行业和所在地区进行了分组检验，分组结果虽然系数和显著性有一定变化，但是总体上可以认为排污权交易能有效减低企业污染排放，其他影响企业污染排放因素的符号与显著性也与已有研究相符。考虑到用单位销售额的企业排污费作为企业排污强度代理变量的稳健性，引入单位销售额企业排污量作为替代，较小的样本容量也支持前文的研究结果。最后考虑到企业污染排放和排污权交易试点的先后顺序可能受本地社会经济因素影响，企业的异质性可能会影响 OLS 估计的结论，采用倾向得分匹配方法进一步检验，检验结果验证了 OLS 估计的结果，排污权交易的推行有利于企业减少污染排放。

表 4

污染排放强度稳定性检验

	Log(Discharge)	Log(Discharge)	Log(Discharge)	Log(Discharge)	Log(Discharge)
Foreign	-0.316**(0.138)			-0.285*(0.161)	-0.815**(0.394)
Public		-1.225*(0.751)		-1.017*(0.637)	-0.311*(0.193)
Trade			-0.092*(0.061)	-0.088*(0.064)	-0.102*(0.732)
Levy					-0.691**(0.323)
Firm-size	-1.080**(0.502)	-0.712*(0.489)	-1.151**(0.5131)	-0.891*(0.619)	-0.671*(0.430)
ROA	-3.251*(2.039)	-2.681(3.983)	-4.252(4.483)	-4.225(6.922)	-2.712(9.483)
Education	-0.198(3.935)	-0.258*(0.193)	-0.813(1.384)	-0.614(1.943)	-0.101(0.394)
Export	-0.481(1.448)	-0.342**(0.164)	0.021(0.359)	-0.412*(0.307)	-0.119*(0.743)
Leverage	1.101*(0.629)	0.911*(0.531)	0.789*(0.429)	0.917*(0.538)	1.312(3.594)
Pop	-3.251**(1.532)	-2.157*(1.194)	-3.912**(1.837)	-3.016(9.483)	-2.371(4.395)
Pgdp	-0.812**(0.391)	-0.912*(0.510)	-1.019**(0.493)	-0.918*(0.539)	-0.761*(0.418)
Pgdp2	0.210*(0.142)	0.191*(0.103)	0.251**(0.115)	0.226*(0.152)	0.312*(0.193)
行业控制	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份控制	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本数	167	167	167	167	167
R-square	0.316	0.422	0.498	0.361	0.409

*、**、*** 分别代表在考虑区县稳健标准误下 1%、5%和 10%显著性水平显著；下方括号内为重复 1000 次的 bootstrap 标准误。

表 5

倾向得分匹配结果

	近邻匹配	卡尺匹配	条状匹配	核匹配
全样本	-0.158***(-6.241)	-0.142***(-7.388)	-0.154***(-5.910)	-0.157***(-6.437)
重污染企业	-0.428***(-15.237)	-0.415***(-17.848)	-0.422***(-21.452)	-0.426***(-19.934)
轻污染企业	-0.091*(-1.843)	-0.106*(-1.702)	-0.096*(-1.690)	-0.101*(-1.748)
市辖区	-0.358***(-5.831)	-0.343***(-8.392)	-0.349***(-6.338)	-0.345***(-7.837)
非市辖区	-0.131(-0.809)	-0.133(-0.492)	-0.128(-1.084)	-0.146(-0.857)

*、**、*** 分别代表在考虑区县稳健标准误下 1%、5%和 10%显著性水平显著；下方括号内为 bootstrap 重复 1000 次的 T 值；平稳性检验：匹配前 LR chi2=271.43, P=0.000, 匹配后 LR chi2=7.42, P=0.613。

根据以上研究结论提出以下政策启示：

第一，排污权交易制度的推行能促进污染企业减轻排放，这佐证了排污权交易经过多年试点逐渐走向全面推行的正确性，在实施最严格环境保护制度、更严厉的污染总量控制过程中给企业更大灵活性。排污权交易可以有效的降低污染控制成本，通过多年的水污染权交易试点，试点地区污染减排、污染监控和执行能力、环境管理能力等都有较大提升，值得全面普及。

第二，排污权交易制度与排污收费制度的互补性问题。我国较早实行的污染控制制度是总量控制制度和排污收费制度，排污权交易制度的试点过程中排污收费与排污权交易是并存的。从本文的研究中可以发现，即使控制了排污收费制度的影响，排污权交易的减排效果依旧显著，这有助于正确认识两类激励性制度的实际效果。

第三，同时考虑外资企业和出口企业污染排放强度后，废水排放的“污染天堂”假说不仅不能成立，而且外资企业还有更低的污染排放强度，这意味着外资企业在污染减排技术方面的确存在优势，内资企业应当充分利用技术溢出向外资企业学习，这也从一个侧面反映当前中国污染控制力度不强，仍有较大提升空间。

第四，从上市企业拥有更好的污染排放表现可以认为，加大对各层次资本市场中企业排污行为的约束是减少企业污染排放的有效途径，也从一个侧面反映企业环境信息公开和公众监督的有效性，所以在鼓励企业上市的同时，应该进一步规范企业环境信息披露、提高披露水平。

第五，虽然排污权交易制度在市辖区的减排效果显著，但是在非市辖区减排效果并不显著，这可能是多种原因共同导致的。一方面排污权交易推广时间较短、力度不大，可能在经济发展水平落后地方受重视程度不够；另一方面排污权交易市场一般集中在市辖区，非市辖区企业参与交易难度大、不活跃。地方政府可能需要花费更多精力在如何让远离行政中心的污染企业有参与排污权交易市场的机会与意愿。

注释：

①世界银行第 37752 号报告《China water quality management: policy and institutional considerations》

②《2015 年中国水资源公报》中华人民共和国水利部，2017 年 1 月发布，为当前最新数据。

③虽然不同企业排放的废水污染物浓度有所差异，后续研究中会控制行业差异考虑行业可对比性。

④虽然这只是浙江省企业的一个样本，但是企业的地区分布基本与地区经济发展空间布局匹配。

⑤排污权开展情况数据通过调研访谈的形式确认，关于中国水制度的整体情况，请参阅谢慧明和沈满洪《中国水制度的总体框架、结构演变与规制强度》。

⑥2007 年原国家环保总局下发文件《关于做好 2007 年国家重点监控企业排污申报和排污费征收报告汇审工作的通知》（环办函〔2007〕152 号）标志着重点污染企业监控制度正式实施，浙江省环保厅也在同一年开始收集重点监控企业数据并建立数据库，《关于开展全省污染源普查工业污染源及集中式污染治理设施监测工作的通知》（浙环函〔2007〕77 号），浙江省从 2008 年开始公布企业名单。2008 年名单见浙江省环保厅网站

http://www.zjepb.gov.cn/hbtmh wz/sylm/tzgg/200911/t20091101_8658.htm。

⑦重污染企业和非重污染企业的划分标准依据环保部《上市企业环保核查行业分类管理名录》（环办函〔2008〕373 号）确定，这一分类标准在相关研究中广泛使用，虽然本文企业并非全部是上市企业，但是分类方法仍具有意义。

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。

2. 陈真亮、李明华：《论水资源“生态红线”的国家环境义务及制度因应——以水质目标“反退化”为视角》，《浙江社会科学》2015 年第 10 期。

-
3. 李胜兰、初善冰、申晨：《地方政府竞争，环境规制与区域生态效率》，《世界经济》2014 年第 4 期。
 4. 李永友、沈坤荣：《我国污染控制政策的减排效果》，《管理世界》2008 年第 7 期。
 5. 李永友、文云飞：《中国排污权交易政策有效性研究——基于自然实验的实证分析》，《经济学家》2016 年第 5 期。
 6. 聂辉华、江艇、杨汝岱：《中国工业企业数据库的使用现状和潜在问题》，《世界经济》2012 年第 5 期。
 7. 科斯：《企业，市场与法律》，盛郁译，上海三联出版社 1990 年版。
 8. 乔志林、秦向东、费方域、吴茗：《排污权交易制度有效性的实验研究》，《系统管理学报》2009 年第 5 期。
 9. 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。
 10. 涂正革、谌仁俊：《排污权交易机制在中国能否实现波特效应？》，《经济研究》2015 年第 7 期。
 11. 杨珍增：《私有产权保护是否有利于减少污染排放》，《财贸研究》2015 年第 5 期。
 12. 赵霄伟：《地方政府间环境规制竞争策略及其地区增长效应——来自地级市以上城市面板的经验数据》，《财贸经济》2014 年第 10 期。
 13. Cai H, Chen Y, Gong Q., “Polluting thy Neighbor: Unintended Consequences of China’s Pollution Reduction Mandates”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2016, 76 (3), 86~104.
 14. Capelle-Blancard G, Laguna M A., “How does the Stock Market Respond to Chemical Disasters?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2010, 59 (2), 192~205.
 15. Chen, W.; Zheng, R.; Baade, P. D.; Zhang, S.; Zeng, H.; Bray, F.; Jemal, A.; Yu, X. Q.; He, J., “Cancer Statistics in China, 2015”, *CA: a Cancer Journal for Clinicians*, 2016, 66 (2), 115~132.
 16. Dong Y, Ishikawa M, Liu X, et al., “The Determinants of Citizen Complaints on Environmental Pollution: An Empirical Study from China”, *Journal of Cleaner Production*, 2011, 19 (12), 1306~1314.
 17. Ebenstein A., “The Consequences of Industrialization: Evidence from Water Pollution and Digestive Cancers in China”, *Review of Economics and Statistics*, 2012, 94 (1), 186~201.
 18. Ebenstein, A.; Fan, M.; Greenstone, M.; He, G.; Yin, P.; Zhou, M., “Growth, Pollution, and Life Expectancy: China from 1991-2012”, *The American Economic Review*, 2015, 105 (5), 226~231.
 19. Fujii H, Managi S., “Determinants of Eco-efficiency in the Chinese Industrial Sector”, *Journal of Environmental Sciences*, 2013, 25, S20~S26.

-
20. Jiang L, Lin C, Lin P., “The Determinants of Pollution Levels: Firm-level Evidence From Chinese Manufacturing”, *Journal of Comparative Economics*, 2014, 42 (1), 118~142.
21. Lin L., “Enforcement of Pollution Levies in China”, *Journal of Public Economics*, 2013, 98, 32~43.
22. Lin L, Sun W., “Location Choice of FDI Firms and Environmental Regulation Reforms in China”, *Journal of Regulatory Economics*, 2016, 50 (2), 207~232.
23. Mollet J C, Ziegler A., “Socially Responsible Investing and Stock Performance: New Empirical Evidence for the US and European Stock Markets”, *Review of Financial Economics*, 2014, 23 (4), 208~216.
24. Wang H, Jin Y., “Industrial Ownership and Environmental Performance: Evidence From China”, *Environmental and Resource Economics*, 2007, 36 (3), 255~273.
25. Wang H, Wheeler D., “Financial Incentives and Endogenous Enforcement in China’s Pollution Levy System”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2005, 49 (1), 174~196.
26. Wu, D.; Xu, Y.; Zhang, S., “Will Joint Regional Air Pollution Control be More Cost-effective? An Empirical Study of China’s Beijing-Tianjin-Hebei Region”, *Journal of Environmental Management*, 2015, 149, 27~36.
27. Zhang, Z., “Effective Environmental Protection in the Context of Government Decentralization”, *International Economics and Economic Policy*, 2012, 9 (1), 53~82.
28. Zheng, Siqi, and Matthew E. Kahn. “Understanding China’s Urban Pollution Dynamics”, *Journal of Economic Literature*, 2013, 51 (3), 731~772.
29. Zheng D, Shi M., “Multiple Environmental Policies and Pollution Haven Hypothesis: Evidence From China’s Polluting Industries”, *Journal of Cleaner Production*, 2017, 141, 295~304.
30. Zheng S, Sun C, Qi Y, et al., “The Evolving Geography of China’s Industrial Production: Implications for Pollution Dynamics and Urban Quality of Life”, *Journal of Economic Surveys*, 2014, 28 (4), 709~724.
31. Zhu J, Chertow M R., “Business Strategy Under Institutional Constraints: Evidence From China’s Energy Efficiency Regulations”, *Ecological Economics*, 2017, 135: 10~21.