绿色发展如何影响企业污染排放
——以生态工业园区为例

崔红霞[1]，蒲 龙[2]

（1.浙江财经大学东方学院 财税学院，浙江 海宁 314408；2.浙江财经大学 财政税务学院，杭州 310018）

摘 要：绿色发展是构建新发展格局的重要抓手，也是实现经济高质量增长的必经之路。本文以生态工业园为例，利用独特的工业企业层面排污数据，构造双重差分模型检验绿色发展对工业企业污染排放的影响。实证研究表明，生态工业园区设立会显著降低企业工业废水中化学需氧量的排放量。进一步研究发现，生态工业园区的减排效应在东部发达地方及非国有企业样本中更为显著，机制分析结论表明，生态工业园区通过鼓励企业加大购买污染治理设施来实现减排效应。本文研究表明下一步发展中应该鼓励普通地级市和中西部城市积极申报生态工业园区，同时也要重点关注对企业污染治理效率提升。

关键词：绿色发展；生态工业园区；企业减排；双重差分模型

中图分类号：F427 **文献标志码：**A **文章编号：**1002—980X(2022)3—0081—10

一、引言

改革开放以来，中国经济在较长的一段时间内保持较高的增长速度，被誉为“中国式增长奇迹”。主流观点认为在以政治上集权和财政上分权的中国式分权和地方官员政治晋升“竞标赛”的双重激励下，中国地方政府为发展经济展开了激烈的竞争（Qian 和 Weingast，1997；周黎安，2007）。尽管这种自发的政府间竞争推动了地方经济的快速发展，但其主要依赖资源能源的高消耗和高投入，形成以要素驱动和投资驱动为主要增长引擎的“粗放式发展模式”。在这一模式下为吸引资本流入和发展经济，地方政府往往选择相对宽松的环境监管力度进而对地区生态环境质量造成严重的影响（Greenstone et al，2021）。空气污染方面，“雾霾”频频成为近年来的环保关键词，2013年持续“雾霾”天气笼罩全国10余个省份，同年全球空气质量最差的10个城市中有7个位于中国。在2014年两会期间，李克强总理明确宣布中国政府“向污染宣战”，此后几年中国空气质量得到明显改观，但截至2019年，全国337个地级市PM2.5浓度均值仍为36微克/立方米，依然显著高于世界卫生组织（WHO）给出的安全警戒值（10微克/立方米）①。水污染现象也较为严重，我国一些城市周围的湖泊大多处于富氧化阶段，基本丧失了供水、旅游等功能。2012年原环保部公布的重点流域水环境质量显示全国七大水系中，只有珠江、长江总体水质比较良好，松花江为轻度污染，黄河、淮河为中度污染，辽河、海河为重度污染，河流污染相当严重。

严峻的生态环境显然不利于满足人民追求美好生活的向往，为解决这一发展不平衡问题，近年来我国陆续出台了一系列政策文件，如《打赢蓝天保卫战三年计划》《水污染防治行动计划》及《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》等，根据不同污染源明确对应的政策措施。但除从法律法规等政策角度予以矫正外，经济发展模式的优化也可以有效缓解生态环境恶化。从现实来看，目前有相当比例的污染物排放集中来源于如石油化工、钢铁及印染等传统制造业企业，此类企业一方面规模往往较大，且大多为地方支柱企业，能够提供稳定的就业和税收保障，但另一方面，资源能源的高消耗和高投入也易形成污染物的高排放，对当地生态环境带来不利的影响。随着我国经济进入以创新驱动为主要标志的新发展阶段，优化资源配置，转变经济发展模式不仅可以有效提高经济增长质量，也有利于鼓励企业完成转型升级，实现绿色发展。目前在诸多促进企业绿色发展的实践中，生态工业园区无疑发挥着重要的作用。自2000年前后“生态工业”概念引入我国后，原环保部开始在全国范围内大力推广生态工业园区建设。生态工业园区兼具经济发展和生态环境保护

收稿日期：2021-09-16

基金项目：浙江省哲学社会科学规划课题“营商环境优化与企业绩效：基于浙江省的经验证据”（22NDQN257YB）

作者简介：崔红霞，经济学硕士，浙江财经大学东方学院财税学院讲师，研究方向：公共经济学；蒲龙，经济学博士，浙江财经大学财政税务学院讲师，研究方向：公共经济学、发展经济学。

① 详见中华人民共和国生态环境部网站 http://www.mee.gov.cn/。

的双重目标,更多强调绿色、低碳、循环发展模式,契合新发展阶段下生态文明建设的内涵。但从现有研究来看,已有研究工业园区的相关文献大多仍以国家级经济开发区或高新技术开发区为例,少数涉及生态工业园区的研究要么以定性分析为主(田金平等,2016),要么分析生态工业园区对区域经济增长的作用(蒲龙等,2021;Zeng et al,2021)。然而生态工业园区特色和政策发力点是以影响企业行为变化为基础,但鲜有研究探讨生态工业园区的微观效应。生态工业园区的设立是否能够显著降低了企业污染物的排放水平?其影响机制又是如何?回答这些问题有利于进一步理解生态工业园区对区域生态环境影响的微观机制,进而也为完善生态工业园区建设及提高经济发展质量提供一定的思路。

鉴于此,本文以生态工业园区为例,实证检验其对企业污染排放的影响,构建双重差分模型实证研究发现,生态工业园区的设立会显著降低企业工业废水中化学需氧量的排放水平。然而对于双重差分法而言,其需要满足的先决条件是处理组和控制组在事前拥有共同时间变化趋势,通过事件研究法检验这一条件,实证研究发现在生态工业园区设立之前两组企业没有显著差异,表明满足平行趋势条件。此外,还通过变换指标度量、筛选样本、添加额外固定效应及考虑环境规制力度等方面进行了一系列稳健性检验,实证结果均表明基准回归结论稳健。进一步异质性分析发现生态工业园区对企业化学需氧量的这一减排效应仅在东部地区企业及非国有企业样本中显著,机制分析则表明,生态工业园区的设立通过鼓励企业购买更多的废水治理设施降低了企业污染物的排放。

二、文献综述及研究假设

(一)文献综述

与本文研究相关的文献主要包括两个方面:工业园区的经济社会效应及企业减排。

首先,已有大量文献集中讨论工业园区产生的经济效应。工业园区起源于二战结束后的部分西方发达国家,一般是指通过行政手段等方式,规划出特定的区域,聚集生产要素和各类基础设施,提高工业化集约程度,突出产业特色。工业园区能够对当地经济产生显著影响,为进一步发挥园区的集聚效应和规模效应,地方政府也会往往提供给工业园区特定的优惠政策(place-based policies),如税收优惠、融资等方面。由于能够更快地获得资源、基础设施或人力资本等,工业园区也被视为影响企业选址和投资决策的重要因素之一,大多数工业园区通过特定的优惠政策来吸引企业进驻,进而发挥规模效应带动辐射整个地区的发展(Aggarwal, 2007; Farole, 2013)。虽然工业园区通过集聚效应对地区发展带来显著影响,但也有部分学者认为在工业园区影响企业和人口流动进而带来额外的资源配置扭曲,此外工业活动的大量集聚也会带来一定的拥挤成本(Busso et al,2013)。针对中国工业园区的研究,绝大多数以国家级经济开发区或高新技术开发区为例,如Wang(2013)以国家级经济开发区为例,研究发现开发区的设立可以有效地吸引到FDI,进而可以促进地区经济增长,刘瑞明和赵仁杰(2015)则以高新技术开发区为例,也发现了类似的结论。除检验对区域经济增长外,部分文献还集中讨论工业园区的微观效应,即对企业生产率、土地利用率、TFP及创新等方面的影响(Lu et al,2019;陈钊和熊瑞祥,2015;张天华和邓宇铭,2020)。

与大量研究国家经济开发区或高新技术开发区的经济效应不同,现有研究较少关注生态工业园区对经济社会的影响,其中田金平等(2016)通过定性分析方式对我国生态工业园区的发展趋势做了详细的综述回顾,蒲龙等(2021)通过实证分析方式,从宏观角度分析了生态工业园区对区域经济增长的影响,Zeng et al(2021)则从环境保护和经济增长双重目标出发,实证研究发现中国生态工业园区的设立可以同时实现上述目标,但上述文献均未讨论生态工业园区对企业行为的微观效应。

其次,与本文研究高度相关的另一支文献集中讨论企业减排效应。环境规制是影响企业排污行为的重要因素之一,从理论上讲,严格的环境规制可以提高企业生产成本,使得企业产出降低进而也会减少生产过程中所产生的污染物,此外,严格的环境规制下,企业被迫需要购买更多的污染治理设备及提高污染处理的技术水平。因此可以在一定程度上降低其污染物的排放水平(Greenstone和Hanna, 2014;姜英兵和崔广慧,2019)。然而针对中国的实证研究往往发现环境规制政策对企业排污并未产生显著影响,主要原因在于在中国式的分权激励下,地方政府执行环境规制力度较低,为吸引企业流入,会放松监管力度(周飞舟,2006;陈硕,2010)。在低效率的执行力度下,污染企业通过寻租、议价等方式反而会增加污染物的排放(Chichilnisky,

1994；袁凯华和李后建，2015），然而即使政府提高环境规制力度，同样会面临发展经济和环境保护的权衡，因为在严格的环境规制下，会显著影响地区就业、生产水平等方面（Liu et al，2021）。

除环境规制力度外，外资（FDI）也是影响企业污染排放的重要因素之一，已有研究发现FDI对企业排污行为具有显著的影响，但同时具有正反两种影响方向，学术界将其总结为“污染天堂假说”和“污染光环假说”。前者主要是指在自由贸易的情况下，污染较重产业会从较高环境标准国家流入相对较低环境标准的国家，进而引起后者的生态环境不断恶化（Lucas et al，1992），针对中国的部分实证研究也发现类似的结论（Ren et al，2014；张宇和蒋殿春，2014）。但与此相反的另一观点则认为外资通过带来先进的环保理念和技术，有助于改善东道国的生态环境质量，形成“污染光环假说”（Birdsall 和 Wheeler，1993；Eskeland 和 Harrison，2003）。针对中国方面的研究，也有实证文献能够证实这一观点（盛斌和吕越，2012；苏丹妮和盛斌，2021）。

（二）研究假设

工业园区可以为企业集聚提供一定的便利，但由于生产经营活动的大量聚集也会对当地生态环境产生一定的影响，甚至有的工业园区一度成为污染的代名词（田金平等，2016）。相比于其他工业园区，生态工业园区的主要目标就是要实现绿色、低碳、循环发展方式。因此一方面来看，生态工业园区的设立鼓励企业利用清洁的能源，实现产业链上下游企业间的资源能源循环流动，降低企业的污染排放水平；另一方面来看，由于地区环境质量直接与地方官员绩效挂钩，进一步强化了地方官员的政治激励，这也会在一定程度上加强地方政府环境监管力度。而根据环境规制理论，规制力度的提高会对企业产生“创新补偿机制”，即进一步鼓励企业优化资源配置水平及提高创新能力，进而降低污染物排放水平。基于此，本文提出研究假设1：

生态工业园区的设立会显著降低企业污染物排放（H1）。

但在实际分析生态工业园区对企业污染物的减排效应时，还需要进一步考虑不同地区及不同性质企业的异质性影响。首先，对于位于不同经济发展程度的企业而言，生态工业园区减排效应会存在一定差异。根据环境库兹涅茨曲线理论，即在经济增长初期，环境污染随着人均收入的增长而增长，但到一定发展阶段后，会随着人均收入的增长而降低。总之环境污染与经济增长之间会呈现出一定的“倒U型”关系。因此根据这一理论，认为在经济发达地区，对生态环境质量的要求更高，而相对欠发达地区，为追求经济增长，可以选择牺牲一定的环境质量。其次，对于不同性质企业而言，生态工业园区的减排效应也具有一定的差异。相对于其他企业，国有企业天然具有一定的“政治优势”，在面临外生冲击时具有一定的协调和议价能力。而对于其他类型企业而言，则更容易受到政策冲击的影响。基于此，本文提出研究假设2：

生态工业园区减排效应可能更多体现在位于东部发达地区企业样本及非国有企业样本中（H2）。

从理论上讲，影响企业污染物排放的因素主要包括三个方面，生产能力、治理设施及治理效率。一般而言，生产能力越低、治理设施越多或治理效率越高会显著降低企业污染物排放。但对于生态工业园区而言，因为其自身大多为国家级经济开发区或高新技术开发区，享有较多的优惠政策。因此不会通过降低企业生产能力的方式实现减排效应。而对治理设施和治理效率而言，认为企业可能会更加偏重前者。一方面，根据《国家生态工业示范园区标准》，污染处理设施作为申请生态工业园区的必备条件之一，客观需要进行大量购置；另一方面，相对于治理效率而言，购买更多治理设施更具直观性，也更容易达到。基于此，本文提出研究假设3：

生态工业园区的减排效应主要通过购买更多治理设施来实现（H3）。

三、研究设计及数据来源

（一）研究设计

本文实证检验生态工业园区设立是否会影响企业污染物的排放水平，由于生态工业园区的设立兼具时间-地区层面的差异。因此构建如下的双重差分模型：

$$Y_{ijt} = \alpha_0 + \alpha_1 Epark_{jt} + \alpha_2 X_{it} + \alpha_3 W_{jt} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中：被解释变量 Y_{ijt} 表示在第 j 市内的第 i 个企业在 t 年的污染排放水平，对于污染物的选择方面，主要以企业排放的化学需氧量（COD）来衡量，该指标是指在一定条件下，采用强氧化剂处理水样时所消耗的氧化剂量，一般而言，化学需氧量越大，说明水样中所含有机物含量越高，水体受有机物的污染越严重。化学需氧量的度量

单位为毫克/升，为消除异方差和偏态性，将企业排放的化学需氧量取对数处理，并将其作为被解释变量。

$Epark_{jt}$为核心解释变量，具体而言，如果城市j在第t年拥有国家级生态工业园区，那么第t年及以后$Epark_{jt}$赋值为1，否则为0。X_{it}和W_{jt}为一系列控制变量，同时包括企业层面和城市层面。企业层面控制变量中，控制了企业规模、企业资本劳动比及企业年龄，其中企业规模利用企业当年产值的对数值来表示，企业资本劳动比用企业总资产与年末就业人数之比的对数值表示，企业年龄利用企业设立年份与当年之差取对数值表示。城市层面控制变量中，控制了城市经济发展水平并用GDP对数值来表示，为了检验是否存在"库兹尼茨曲线"，也控制了GDP对数值的平方项，此外，城市的人口密度及产业结构均可能对企业排污产生影响。因此也控制了这两个变量，其中人口密度利用年末总人口除城市辖区面积表示，产业结构利用第二产业产值占GDP比重来衡量。μ_i和μ_t分别表示企业固定效应和年份固定效应；ε_{it}为随机扰动项。考虑到核心解释变量为城市层面变量，并且对于企业排污而言，不同行业间差异较大。因此借鉴Cameron et al（2011）的处理，选择双向聚类标准误，将模型的标准误同时聚类到城市-行业层面上，即容许同一城市同一行业内的企业间存在一定的相关性。

（二）数据、变量及描述性统计

作为继国家级经济开发区和国家高新技术产业开发区后的新一代工业园区，生态工业园区更多强调的是绿色、低碳及循环发展模式，兼顾经济发展和生态建设（蒲龙等，2021）。生态工业园区建设最早可以追溯到2000年，早期的试点主要集中在制糖、化工及冶炼等专业园区，此后原环保部着力在国家级经济开发区及国家高新技术产业开发区开展试点示范工作②。截至2016年底，由生态环境部、商务部和科技部三部委联合命名的生态工业园区共计93家，其中正式获得命名的生态园区有48家，通过规划论证得到批准建设的生态园区有45家，覆盖了除西藏、青海、贵州、甘肃及海南以外的全部大陆省份。在定义处理组时没有进一步区分正式命名生态园区和批准建设生态园区的差别，只要企业所在城市只要有一个生态园区（不管是批准建设还是正式命名），就把它定义为处理组，其余城市的企业定义为控制组③。

企业层面信息主要来源于两个微观数据库，其中关于企业财务信息数据主要来源于《中国工业企业数据库》，该数据库样本区间为1998—2013年，涵盖了绝大多数规模以上工业企业，也在学术界得到了广泛应用。而企业层面污染信息数据主要来源于《中国工业企业污染排放数据库》，该数据库详细披露了重点调查工业企业污染排放信息，是目前国内所能获得的最为详细的企业层面污染数据库，国内应用较少。该数据库是由国家统计局所收集的工业企业上报的原始数据，也是历年发布的《环境统计年鉴》的具体数据来源。调查方法为对重点调查工业企业逐个发表填报汇总，其中重点调查单位是指筛选出的排污量占各地区排污总量85%以上的工业企业单位，该数据库目前可获得的样本期间也是1998—2013年。由于《中国工业企业数据库》和《中国工业企业污染排放数据库》覆盖样本期间相同，此外两者报告了根据统一标准设定的企业身份信息。因此为合并这两个数据库提供了可能（陈登科，2020）。除企业层面信息外，城市层面相关数据则来自对应年份的《中国区域经济统计年鉴》和《城市统计年鉴》。

参照陈登科（2020）的匹配思路，在具体匹配时，首先我们按照标准的处理思路（Brandt et al，2009），将《中国工业企业数据库》进行清洗，得到企业层面的面板数据，其次按照类似的处理思路，对《中国工业企业污染数据库》进行清洗，然后按照企业代码将两个数据库进行匹配，形成了包含污染信息和财务信息的企业数据库。最后根据企业注册地，将企业数据库和城市数据库进行合并，最终形成了本文实证研究的数据基础，即时间跨度为1998—2013年企业层面的面板数据。此外为防止异常值造成的干扰，对连续变量指标在1%和99%的分位数水平上进行了去尾处理，表1汇报了基本描述性统计结果。

表1　描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值
化学需氧量对数值	8.380	2.402	0	14.04
生态工业园区	0.127	0.333	0	1
企业规模	10.65	1.690	6.802	15.21
资本劳动比	5.384	1.213	2.478	8.951
企业年龄	2.251	0.888	0	4.094
GDP对数值	7.113	1.134	4.564	9.643
GDP对数值的平方项	51.88	16.29	20.83	93.00
人口密度	6.122	0.757	3.657	7.719
产业结构	0.396	0.215	0.004	0.687

② 《国家生态工业示范园区管理办法》明确指出"鼓励国家级经济技术开发区、国家高新技术产业开发区、发展水平较高的省级工业园区或其他特色园区，积极开展生态园区创建活动"。

③ 采用简易方式处理的主要原因有两个，首先，批准建设的生态工业园区与正式获得命名园区基本享用一致的政策措施，包括不限于资金、招商引资、对外经济技术合作、服务、税收优惠、人才引进以及土地划拨。其次，我们研究的企业样本跨度为1998—2013年，而正式获得命名生态工业园区的最早年份在2008年，所以如果直接以正式命名园区来定义处理组的话会造成大量的样本损失。而最早批准建设生态园区的年份为2001年，因此以包含正式命名和批准建设的生态工业园区来定义处理组。

四、实证结果

（一）基准回归

根据模型（1）设定，首先评估生态工业园区对企业化学需氧量排放的影响，回归结果见表2。

表2汇报了基准回归结果，其中（1）列没有添加任何控制变量，仅仅控制了企业固定效应和年份固定效应，实证结果显示，生态工业园区的设立显著降低了其所在城市的企业化学需氧量的排放水平。（2）列和第（3）列分别在（1）列的基础上逐步添加了企业层面和城市层面控制变量，从表2可以看出添加额外控制变量后，生态工业园区对企业排污的影响系数变小，但依旧在1%的显著性水平上显著为负，以包含全部控制变量的（3）列为例，实证结果显示，生态工业园区的设立会显著降低企业化学需氧量排放水平13.91%。各控制变量中，企业规模和企业年龄均对企业排污具有显著的正向影响，而企业资本劳动比的影响不显著。城市层面中，经济发展水平对污染排放的影响呈现出显著倒U型的“库尼涅兹曲线”，即随着城市经济发展会显著提高当地企业的污染排放量，但当经济达到一定水平后，对企业排污会产生边际递减的作用。城市人口密度和产业结构对企业排污具有显著的正向影响，一般而言城市人口越密集、第二产业占比越高就企业排污水平也会越大，基本和现实吻合。

表2 基准回归结果

变量	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）
	被解释变量：化学需氧量对数值				
生态工业园区	−0.2011*** (0.0332)	−0.1956*** (0.0325)	−0.1391*** (0.0308)	−0.1376*** (0.0312)	−0.1576*** (0.0325)
企业规模		0.2516*** (0.0058)	0.2558*** (0.0061)	0.2540*** (0.0062)	0.2571*** (0.0062)
资本劳动比		0.0006 (0.0057)	−0.0022 (0.0058)	0.0012 (0.0059)	−0.0060 (0.0060)
企业年龄		0.0658*** (0.0080)	0.0621*** (0.0083)	0.0528*** (0.0084)	0.0610*** (0.0084)
GDP对数值			0.6251*** (0.0961)	0.5961*** (0.0977)	0.8792*** (0.1546)
GDP对数值平方项			−0.0461*** (0.0067)	−0.0439*** (0.0068)	−0.0651*** (0.0113)
人口密度			0.0593*** (0.0186)	0.0581*** (0.0187)	0.0449** (0.0192)
产业结构			0.2906*** (0.0968)	0.2936*** (0.0971)	0.2380** (0.0995)
企业期初变量×年份				Yes	
城市期初变量×年份					Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	414383	399856	362758	355226	343129
adj. R^2	0.751	0.760	0.759	0.982	0.983

注：***、**、*是指在1%、5%、10%的置信水平上显著；括号内为聚类到城市-行业层面的稳健标准误，观测值存在差异是因为部分控制变量缺失。

表2的后两列则在基准回归的基础上进一步展开稳健性讨论，其中（4）列在（3）列的基础上额外控制了企业期初特征（企业可观测到的最早年份）与年份虚拟变量的交互项，其中期初特征主要包括企业期初的规模、资本劳动比及企业年龄。通过这种方式可以剔除不同初始特征企业在以后年份可能面对的差异性冲击，进一步降低内生性问题带来的干扰。按照类似的逻辑，（5）列则额外控制了城市期初特征（1998年）与年份虚拟变量的交互项，其中城市期初特征主要包括期初的GDP水平及对数项、人口密度和产业结构等。从（4）列和（5）列的结果来看，额外控制这些期初变量与年份虚拟变量的交互项后实证结果不会发生明显改变，即生态工业园区依然会显著降低企业化学需氧量的排放水平。

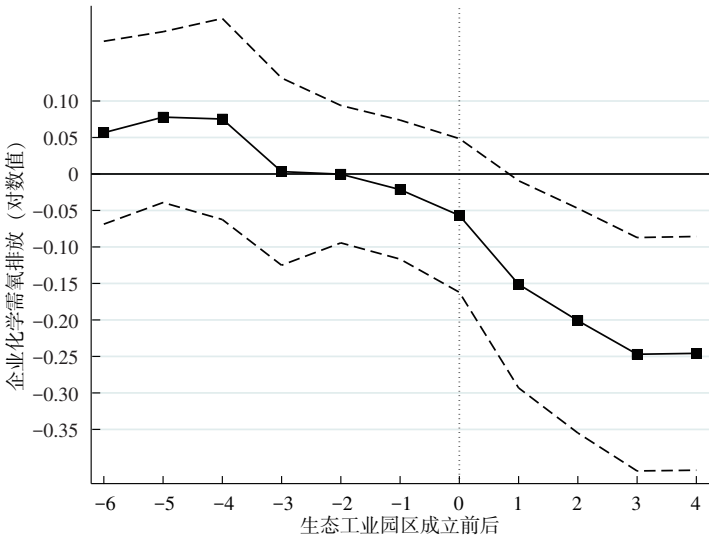
（二）事件研究法

基准回归结论表明生态工业园区会显著降低企业化学需氧量的排放水平，但就双重差分法而言，其必须满足的一个先决条件是处理组和控制组满足事前平行性趋势，否则就可能存在同时影响处理组和控制组且随时间可变的变量，进而引入内生性问题，使得估计结论不可靠。因此，借鉴Jacobson et al，（1993）的处理方法，利用事件研究法来识别处理组和控制组在生态工业园区设立前后的动态变化，具体而言，设定实证模型如下：

$$Y_{ijt} = \beta_k \sum_{k \geqslant -6}^{k} D_{t_{j0+k}} + \alpha_1 X_{it} + \alpha_2 W_{jt} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_{ijt} \qquad (2)$$

其中：β_k代表生态工业园区时间窗口的影响系数；$D_{t_{j0+k}}$代表生态工业园区前后的事件窗口虚拟变量；t_{j0}代表城市j设立生态工业园区的年份；t_{j0+k}代表生态工业园区设立前后的各个年份，其中k取值分别是−6、−5、−4、−3、−2、−1、0、1、2、3、4+④，缺省组是$t \leqslant -7$；其余控制变量和基准模型类似；标准误仍然聚类到城市-行业层面，回归结果如图1所示。

④ 4+表示第4年及以后。



实线部分表示点估计值，虚线部分表示95%的置信区间

图1　生态工业园区设立前后对企业化学需氧量的动态影响

图1绘制了$D_{t_{p0+k}}$的回归系数点估计值和置信区间，从图1可以清晰看出，在生态工业园区设立之前年份，企业化学需氧量排放水平没有明显变化，但在生态工业园区设立后，企业化学需氧量的排放呈现出显著的下降趋势。

（三）稳健性检验

（1）考虑其他污染指标。在基准回归中，主要分析企业化学需氧量排放水平的影响。但在评估水污染时，除化学需氧量外一般常用指标还包括氨氮排放量⑤。因此在表3的（1）列中，以企业氨氮排放量对数值为被解释变量，实证结果显示，生态工业园区对企业氨氮排放量同样具有显著的负面影响。在表3的（2）列中，直接以企业生产经营过程中所排放的工业废水为被解释变量，实证结论显示，生态工业园区对企业工业废水排放也具有显著的负向影响。因此综合来看，变换不同被解释变量后我们基准回归结论依然保持稳健。

（2）考虑排放强度。基准回归中直接以企业排放化学需氧量取对数值作为被解释变量，但从现实来看，不同规模的企业存在显著的排放差异，即使在控制变量中已经控制了企业规模的影响，但是在稳健性检验中，进一步考虑到不同企业排放污染的系统性差异，利用相对值来替代基准回归中使用的绝对值，具体而言，利用企业化学需氧量排放量与其工业总产值比重的对数值来衡量排污强度。实证结果见表3的（4）列，可以生态工业园区设立对企业排污强度依然具有显著的负向影响。

（3）删除2010年样本。在基准回归中，利用的企业样本跨度为1998—2013年，但部分研究也指出2010年《中国工业企业数据库》存在指标异常等问题（谭语嫣等，2017）。因此在稳健性检验部分直接删除了企业2010年样本，实证结果见表3的（3）列，可以看出剔除可能存在的异常样本后，也不会对基准回归产生显著影响。

（4）添加额外固定效应。在基准回归中，控制了企业固定效应和年份固定效应。因此可以吸收企业（包括城市）层面不随时间变化的不可观测因素和全国性冲击影响，但就企业排污行为而言，不同行业特征也可能会导致企业排污出现系统性差异，比如部分从事冶炼、石油化工行业的企业与其他类型行业的企业在污染物排放中存在显著差异。因此需要考虑行业层面带来的影响。此外，不同省份针对企业排污也相应出台了不同的政策制度。因此也需要考虑省份层面带来的差异。因此在表3的（4）和（5）列中，分别额外控制了企业所属行业与年份交互项及企业所处省份与年份交互项⑥，进一步消除行业层面和省级层面带来的影响，实

⑤ 氨氮排放量主要来源于污水中含氮有机物的分解，焦化、合成氨等工业废水，大量氨氮废水排入水体不仅引起水体富营养化、造成水体黑臭，给水处理的难度和成本加大，甚至对人群及生物产生毒害作用。

⑥ 此处选择的是企业所属的二位数行业代码，值得注意的是，在本文研究样本期间内，国民经济分类代码标准发生过变化，分别是GB/T 4754－1997、GB/T 4754－2002、GB/T 4754－2011。实证处理时，按照不同代码的具体分类标准，将全部行业代码统一转换为GB/T 4754－2002标准代码，使得不同年份企业所属行业具有可比性。

证结果显示，额外控制这些因素后，基准回归结果依然保持稳健。

（5）考虑环境规制力度带来的影响。理论上讲，地方政府的环境规制力度会显著改变企业排污行为。因此需要剔除环境规制力度变化对企业排污带来的影响。具体而言，利用企业所属城市是否属于“两控区”范围来考虑环境规制力度可能对企业排污造成的影响。实证结果见表3的（6）列，可以看出，相比与基准回归结论来看，考虑环境规制力度带来的影响后，生态工业园区对企业化学需氧量排放的影响系数略微降低，但仍在1%的显著性水平上显著为负。此外是否属于“两控区”范围对企业化学需氧量的排放具有显著的负向影响，且影响系数较大，这说明环境规制力度的确会对企业排污行为产生显著影响，但表3的（6）列回归结论同样说明，即使考虑到环境规制力度对企业排污行为影响后，生态工业园区的设立依然对企业排污产生显著影响，基准回归结论保持稳健。

表3　稳健性检验

变量	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）	（7）
	氨氮排放量	工业废水	排放强度	化学需氧量	化学需氧量	化学需氧量	化学需氧量
生态工业园区	−0.2271***（0.0392）	−0.0615***（0.0233）	−0.1469***（0.0307）	−0.1594***（0.0338）	−0.1344***（0.0247）	−0.0981***（0.0303）	−0.1389***（0.0308）
是否两控区							−0.7116***（0.2387）
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
行业-年份					Yes		
省份-年份						Yes	
N	190947	392896	363087	329244	362111	362758	362758
adj. R^2	0.740	0.813	0.774	0.761	0.767	0.763	0.760

注：***、**、*是指在1%、5%、10%的置信水平上显著；括号内为聚类到城市-行业层面的稳健标准误，观测值存在差异是因为部分控制变量缺失。

（四）异质性分析

首先，我们将企业分为位于东部地区及中西部地区两类⑦。实证结果见表4前（1）列和（2）列，可以看出，东部地区生态园区的设立会对企业排污产生显著的减排效应，但对于中西部地区而言，生态工业园区的设立对当地企业化学需氧量排放没有产生显著影响，且影响系数也远小于中部地区。之所有产生这一现象的主要原因可能在于东部地区经济发展情况较高。因此也会更加注重对生态环境保护。因此生态工业园区的设立会直接加大对企业的减排效应，而对于中西部地区而言，发展经济仍是地方政府主要目标之一。因此生态工业园区的设立可能不会对企业排污产生显著影响。

其次，按照所有权性质将企业分为国有企业、民营企业和外资企业⑧。实证结果见表4后三列，可以看出生态工业园区的设立对民营企业和外资企业的化学需氧量排放产生显著的负向影响，对国有企业的影响虽然为负，但系数远低于非国有企业且不具有统计上的显著性。出现这一现象的可能原因在于相对于其他类型企业，国有企业往往是地区支柱产业，能够为地方财政提供稳定的税源，如烟草、电力等垄断性行业，往往与地方政府关系较为密切，具有一定的政策议价能力。而民营企业和外资企业对政策变化比较敏感，政策执行力度也要明显高于国有企业。因此生态工业园区的设立虽然会减少企业污染排放水平，但其主要是对民营企业和外资企业等非国有企业的影响，对国有企业的污染排放影响不大。

表4　异质性分析

变量	（1）东部	（2）中西部	（3）国有	（4）民营	（5）外资或港澳台企业
	被解释变量：化学需氧量对数值				
生态工业园区	−0.1832***（0.0329）	0.0993（0.0629）	−0.0185（0.0698）	−0.1197***（0.0417）	−0.2033***（0.0299）
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	234555	128184	39696	233946	84375
adj. R^2	0.769	0.744	0.744	0.768	0.754

注：***、**、*是指在1%、5%、10%的置信水平上显著；括号内为聚类到城市-行业层面的稳健标准误，观测值存在差异是因为部分控制变量缺失。

⑦ 此处没有进一步细分中部和西部地区，主要原因在于截至本文的研究期间内（1998—2013年）大多数生态工业园区均位于东部地区，此外少部分生态园区位于中部，鲜有生态园区位于西部地区，因此，直接仅将样本按照区域分为东部地区和中西部地区。

⑧ 对于企业所有权性质的划分主要根据《中国工业企业数据库》中企业注册信息来进行划分。对于注册类型代码为190的其他企业类型，则根据企业实收资本中占比最高类型进行划分。另外外资或港澳台企业包括外资企业和港澳台企业。

（五）机制检验

最后尝试分析生态工业园区设立如何降低了企业污染排放水平。从理论上讲，影响一个企业污染物排放的因素主要有三种，企业生产能力和污染治理设施及污染治理效率。首先，企业生产能力会直接影响到污染物的排放，如果生态工业园区设立后降低企业生产水平，那么自然污染物排放量也会变少。其次，污染治理投入也是影响企业污染物排放水平的重要因素之一，在更加严格的环境规制力度下，企业不得不加大对污染治理的投入，但企业在加大对污染治理的投入时可以面临两种选择，要么企业进一步加大投入力度，即购买更多的污染减排设备，要么企业在既有设备的基础上，进一步改善治理技术水平，提高治理效率。

因此在表5中，汇报了相应的机制检验，在（1）列中，以企业报告的工业总产值的对数值来衡量企业生产能力，从回归结果来分析可知，生态工业园区的设立对企业工业总产值没有发生显著的影响，这说明生态工业园区影响企业排污并不是通过影响企业生产能力的机制。在表5的后两列中，进一步实证检验了污染治理投入机制，其中（2）列直接以企业当年的废水治理设施数作为被解释变量，（3）列以废水治理设施的处理能力作为被解释变量，其中处理能力是以企业每天可处理废水吨数来衡量（实证中将该指标取对数化处理）。从实证回归结果来看，生态工业园区的设立会显著提高企业废水治理设施套数，但对企业废水治理能力没有发生显著的影响。综合机制检验的实证结果来看，生态工业园区主要是通过鼓励企业加大对污染治理投入力度，而非影响企业生产经营能力来影响企业污染物排放水平，具体而言，生态工业园区的设立会鼓励企业加大购买废水治理设施，而非提高治理能力的机制对企业污染物排放产生减排效应。

表5　机制检验

变量	（1）	（2）	（3）
	工业总产值	治理设施	治理能力
生态工业园区	0.0005 （0.0011）	0.0347*** （0.0103）	−0.0066 （0.0384）
控制变量	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes
N	491262	378331	378817
adj. R^2	0.996	0.697	0.803

注：***、**、*是指在1%、5%、10%的置信水平上显著；括号内为聚类到城市-行业层面的稳健标准误，观测值存在差异是因为部分控制变量缺失。

五、结论及政策启示

随着我国经济发展进入新时代，迫切需要实现绿色经济增长转型，在兼顾经济增长的同时尽可能实现资源节约和环境改善。本文以生态工业园区为例，利用企业层面污染信息，实证检验绿色发展对企业污染物排放的影响，实证研究发现：生态工业园区的设立可以有效降低企业工业废水中化学需氧量的排放。事件研究法分析显示，处理组和控制组企业在生态工业园区设立前化学需氧量的排放并不存在显著差异，只有在设立之后才出现差异，证明了基准结论的稳健性。此外，我们进一步考虑了多种稳健性检验策略，实证结果均表明基准结论保持稳健。通过异质性分析发现，生态工业园的减排效应在东部发达地区和非国有企业样本中更为显著。最后机制分析结果显示，生态工业园区的设立会通过鼓励企业更多购买污染治理设施来实现减排效应。

本文研究结论衍生出的政策启示有以下几点。首先，本文研究结论表明，生态工业园区可以有效地减少企业污染物的排放水平，但从现实来看，目前我国生态工业园区数量仍然较少，且大多位于发达省份的省会城市或计划单位市，这表明应该进一步加大对生态工业园区的建设力度，鼓励普通地级市和中西部城市积极申报生态工业园区。其次，机制分析结果显示目前生态工业园区主要通过鼓励企业加大对污染治理设施数量来实现减排效应，而对污染治理效率方面影响并不明显，这表明在下一步发展中应重点提升企业污染治理效率。对于污染治理设施而言，虽然短期内加大投资的确有助于企业实现减排，但当污染设施数量达到一定量后，可能会产生一定的边际递减情况（如企业生产能力限制，导致部分污染治理设施空置等），进而带来资源配置效率的低下，此外采购污染治理设施也会提高企业生产经营成本。而污染治理能力的提升，即可以有效降低企业生产成本，也有助于提高企业创新能力，有利于企业长期发展。

参考文献

［1］陈登科，2020. 贸易壁垒下降与环境污染改善——来自中国企业污染数据的新证据［J］. 经济研究，55（12）：98-114.

［2］陈硕，2010. 分税制改革、地方财政自主权与公共品供给［J］. 经济学（季刊），9（4）：1427-1446.

［3］陈钊，熊瑞祥，2015. 比较优势与产业政策效果——来自出口加工区准实验的证据［J］. 管理世界，31（8）：67-80.

［4］姜英兵，崔广慧，2019. 环保产业政策对环境污染影响效应研究——基于重污染企业环保投资的视角［J］. 南方经济，

(9)：51-68.
[5] 刘瑞明，赵仁杰，2015. 国家高新区推动了地区经济发展吗？——基于双重差分方法的验证[J]. 管理世界，31(8)：30-38.
[6] 蒲龙，丁建福，刘冲，2021. 生态工业园区促进城市经济增长了吗？——基于双重差分法的经验证据[J]. 产业经济研究，(1)：56-69.
[7] 盛斌，吕越，2012. 外国直接投资对中国环境的影响——来自工业行业面板数据的实证研究[J]. 中国社会科学，(5)：54-75.
[8] 苏丹妮，盛斌，2021. 服务业外资开放如何影响企业环境绩效——来自中国的证据[J]. 中国工业经济，(6)：61-79.
[9] 谭语嫣，谭之博，黄益平，等. 2017，僵尸企业的投资挤出效应：基于中国工业企业的证据[J]. 经济研究，52(5)：175-188.
[10] 田金平，刘巍，臧娜，等，2016. 中国生态工业园区发展现状与展望[J]. 生态学报，36(22)：7323-7334.
[11] 袁凯华，李后建，2015. 政企合谋下的策略减排困境——来自工业废气层面的度量考察[J]. 中国人口资源与环境，25(1)：134-141.
[12] 张天华，邓宇铭，2020. 开发区、资源配置与宏观经济效率——基于中国工业企业的实证研究[J]. 经济学季刊，19(4)：1237-1266.
[13] 张宇，蒋殿春，2014. FDI、政府监管与中国水污染——基于产业结构与技术进步分解指标的实证检验[J]. 经济学(季刊)，13(2)：491-514.
[14] 周飞舟，2006. 分税制十年：制度及其影响[J]. 中国社会科学，(6)：100-115.
[15] 周黎安，2007. 中国地方官员的晋升锦标赛模式研究[J]. 经济研究，(7)：36-50.
[16] AGGARWAL A，2007. Impact of special economic zones on employment，poverty and human development[J]. Indian Council for Research on International Economic Relations，New Delhi Working Papers No. 194. http://ideas.repec.org/p/ind/icrier/194.html.
[17] BIRDSALL N，WHEELER D，1993. Trade policy and industrial pollution in Latin America：Where are the pollution havens[J]. The Journal of Environment & Development，2(1)：137-149.
[18] BRANDT L，BIESEBROECK J V，ZHANG Y，2009. Creative accounting or creative destruction? Firm-level productivity growth in Chinese manufacturing[J]. Journal of Development Economics，97(2)：339-351.
[19] BUSSO M，GREGORYJ，KLINE P，2013. Assessing the incidence and efficiency of a prominent place-based policy[J]. American Economic Review，103(2)：897-947.
[20] CAMERON A C，JONAH B G，MILLER D L，2011. Robust inference with multiway clustering[J]. Journal of Business & Economic Statistics，29(2)：238-249.
[21] CHICHILNISKY G，1994. North-south trade and the global environment[J]. American Economic Review，84(4)：851-874.
[22] ESKELAND G，HARRISON A E，2003. Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis[J]. Journal of Development Economics，70(1)：1-23.
[23] FAROLE T，2013. Special economic zones in Africa：Comparing performance and learning from global experiences[M]. Washington D C：World Bank Publications.
[24] GREENSTONE M，HANNA R，2014. Environmental regulations，air and water pollution，and infant mortality in India[J]. American Economic Review，104(10)：3038-3072.
[25] GREENSTONE M，HE G J，LI S J，et al，2021. China's war on pollution：Evidence from the first five year[J]. NBER Working Paper. No. 28467. http://www.nber.org/paper/w28467.
[26] JACOBSON L S，LALONDE R J，SULLIVAN D G，1993. Earnings losses of displaced workers[J]. China Economic Review，83(4)：685-709.
[27] LIU M，TAN R，ZHANG B，2021. The costs of "blue sky"：Environmental regulation，technology upgrading，and labor demand in China[J]. Journal of Development Economics，150(4)：102610.
[28] LU Y，JIN W，ZHU L，2019. Place-based policies，creation and agglomeration economies：Evidence from China's economic zone program[J]. American Economic Journal：Economic Policy，11(3)：325-60.
[29] LUCAS R，WHEELER D，HETTIGE H，1992. Economic development，environmental regulation，and the international migration of toxic industrial pollution：1960—88[M]. Washington D C：The World Bank.
[30] QIAN Y，WEINGAST B R，1997. Federalism as a commitment to perserving market incentives[J]. Journal of Economic Perspectives，11(4)：83-92.
[31] REN S，YUAN B，MA X，et al，2014. International trade，FDI(foreign direct investment)and embodied CO2 emissions：A case study of Chinas industrial sectors[J]. China Economic Review，3(28)：123-134.
[32] WANG J，2013. The economic impact of special economic zones：Evidence from Chinese municipalities[J]. Journal of Development Economics，101(1)：133-147.
[33] ZENG D Z，CHENG L，SHI L，et al，2021. China's green transformation through eco-industrial parks[J]. World Development，4(140)：1-13.

How Does Green Development Affects Firm Pollution Discharge: Take Eco-industrial Park as an Example

Cui Hongxia[1], Pu Long[2]

(1. School of Public Finance, Zhejiang University of Finance and Economy Dongfang College, Haining 314408, Zhejiang, China;
2. School of Public Finance and Taxation, Zhejiang University of Finance and Economics, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Green development pattern is an important starting point for building a new development strategy, and it is also the only way to achieve high-quality economic development. Taked the ecological industrial park as an example, and used the pollution discharge data at the firm level, a difference-in-differences model to test the impact of green development on the pollution discharge was constructed. Empirical studies have shown that the establishment of eco-industrial parks will significantly reduce the COD emissions in industrial wastewater. Further research found that the emission reduction effect of eco-industrial parks is more significant in the eastern developed areas and samples of non-state-owned firms. The mechanism analysis conclusion shows that eco-industrial parks achieve emission reduction effects by encouraging firms to increase purchases of pollution control facilities. In the next step of development, ordinary prefecture-level cities and central and western cities should be encouraged to actively declare eco-industrial parks. At the same time, they should also focus on improving the efficiency of corporate pollution control.

Keywords: green development, national eco-industrial parks, pollution reduction, difference-in-differences