

# 制造业集聚与企业减污： 大气污染和水体污染的差异<sup>\*</sup>

张平淡 屠西伟

**内容提要：**推动制造业高质量发展，需要深化和创新制造业集聚，促进企业绿色低碳转型。本文基于1998—2014年中国工业企业数据库与中国工业企业污染排放数据库的合并数据，采用Bartik方法构建城市层面的外部需求作为工具变量，精细甄别了制造业集聚对企业水体污染和大气污染排放的差异化影响。基准回归结果表明，样本期制造业集聚加剧了企业工业化学需氧量排放、抑制了企业二氧化硫排放。机制分析表明，制造业集聚所带来的规模效应、技术效应大体相仿，结构效应却迥异，即制造业集聚显著降低了煤炭消费占比和能源强度，这是其抑制企业二氧化硫排放的重要原因，不过，制造业集聚降低了企业循环用水率，还提高了新鲜水资源消耗占比，这是其加剧企业工业化学需氧量排放的重要原因。异质性分析表明，制造业集聚对国有企业、非高技术行业和城市集聚水平较高地区企业工业化学需氧量排放的促进作用更大，对非国有企业、高技术行业和高集聚水平地区企业二氧化硫排放的抑制作用更强。本文研究为推进企业减污降碳协同增效提供了有益启示。

**关键词：**制造业集聚 大气污染 水体污染 Bartik 工具变量

**作者简介：**张平淡，北京师范大学经济与工商管理学院副院长、教授，100875；

屠西伟（通讯作者），北京师范大学经济与工商管理学院博士研究生，100875。

**中图分类号：**F062.9 **文献标识码：**A **文章编号：**1002-8102(2023)02-0122-15

## 一、引言

改革开放以来，以工业园区和产业集群为特色的地理集聚，促进了集聚区内企业经济效率的改善，是中国经济增长奇迹的一个重要标志。经济集聚通过专业化分工与合作来提高生产效率，提升了区域竞争力。与此同时，污染蔓延与经济集聚区高度重叠，河流重金属、雾霾天气等众多污染现象频发（Zhang等，2020），引致集聚与污染的关系颇受关注。《中共中央关于党的百年奋斗重

<sup>\*</sup> 基金项目：本文受北京市社会科学院智库重点课题资助。作者感谢匿名审稿人的宝贵建议，文责自负。屠西伟电子邮箱：txwbnu@163.com。

大成就和历史经验的决议》指出,“生态文明建设是关乎中华民族永续发展的根本大计,保护生态环境就是保护生产力,改善生态环境就是发展生产力,决不以牺牲环境为代价换取一时的经济增长。”企业是生产力的载体,是污染排放和生态环境保护的主体,如果制造业集聚在促进企业经济效率改进的同时还能带动企业减污,这就可以推动经济与环境的协调发展(苏丹妮、盛斌,2021)。因此,厘清集聚与企业污染排放的真实因果关系及其作用机制,对于持续改善生态环境、推动制造业高质量发展具有十分重要的现实意义。

现有研究普遍认为制造业集聚与污染排放高度相关,但实证结果并不一致,其中,对于水体污染,制造业集聚对污染物排放量(王兵、聂欣,2016; Cheng, 2016)、排放强度(陆铭、冯皓,2014; 张可、豆建民,2015)影响的实证结论各有差异。同样,对于大气污染,制造业集聚对污染排放量(杨仁发,2015; 谢荣辉、原毅军,2016)、排放强度(李筱乐,2014; Y. Wang 和 J. Wang, 2019)的结论也各不相同。造成现有实证结论存在较大分歧的原因主要有以下方面。第一,地区或产业的汇总数据往往存在加总偏误,这会导致变量之间的真实关系发生改变甚至扭曲(苏丹妮、盛斌,2021)。现有这些研究主要集中在宏观层面,如省份(李筱乐,2014)、城市(张可、汪东芳,2014),不能全面反映企业微观层面污染排放的真实情况和真实原因。例如,宏观层面污染排放强度的下降可能源于产业结构的高级化,并不必然是企业生产效率的改进(Y. Wang 和 J. Wang, 2019),相应也就无法判断企业生产方式转型升级与否、企业绿色低碳转型与否。第二,污染变量指标的选择性。现有研究根据研究目标或是选择污染排放量,或是选择污染排放强度来指代污染,没有深入分析制造业集聚对企业污染排放量变化的规模效应、结构效应和技术效应(Cole 等,2005),甚至认为排放强度下降终将可以带来环境质量改善。事实上,污染排放强度只能用来捕捉污染排放量变化的技术效应,如果规模效应、结构效应得不到抑制,污染排放量仍会持续攀升(Levinson, 2009)。第三,主要污染物的异质性。工业化学需氧量(COD)和二氧化硫(SO<sub>2</sub>)的形成有所不同,前者是生产过程中工业废水所含的污染物,后者除生产过程产生之外,还包括企业生产所投入的燃料燃烧(张可、豆建民,2015)。企业生产方式的转型升级,应该会带来实质性的企业减污,两种主要污染物的产生量、排放量都会减少,不过,如果只是企业能源消费结构的优化(如煤改气、煤改电),那会显著带来 SO<sub>2</sub> 排放量的减少,但并不必然带来 COD 排放量的减少。遗憾的是,现有研究并未深入分析制造业集聚对企业不同类型污染物的作用差异。第四,制造业集聚与污染排放两者之间存在反向因果等内生性问题。经济集聚有助于污染集中治理,这是控制污染排放量或排放强度的重要因素(陆铭、冯皓,2014),而集聚产生的环境污染等拥挤效应也是阻碍经济活动进一步集聚的离散力量(Brakman 等,1996),两者相互影响,需要构造合适的工具变量来精细识别制造业集聚对企业污染排放的影响。

相比于现有研究,本文可能的边际贡献主要体现在以下三点。第一,将研究对象下沉到微观层面,利用 1998—2014 年中国工业企业数据库与工业企业污染排放数据库合并数据,在解决加总偏误问题的基础上,深入分析制造业集聚对企业大气污染和水体污染排放的差异化影响。第二,立足规模效应、结构效应和技术效应,比较制造业集聚对企业两类污染物排放的减污机制差异,拓展了制造业集聚对企业减污的研究。第三,采用 Bartik 方法构建工具变量,克服内生性问题,识别了制造业集聚对企业减污的影响,并通过已有文献的工具变量佐证本文结论的稳健性。

## 二、文献评述与研究假设

生产要素和劳动力的企业化组合孕育了工业化和现代经济的发展,因技术进步而创新,因满

足市场需求而繁荣,还因企业之间彼此相连相依而形成经济集聚。以 Krugman(1991)为代表的新经济地理学派认为,经济集聚带来的正外部性和溢出效应有利于企业降低生产成本,特别是形成规模效应,能够提高生产效率,还可以降低单位污染治理成本,最终降低环境污染排放量(Zeng 和 Zhao,2009)。不过,经济集聚也会带来拥挤效应(Brakman 等,1996),由集聚引起的生产扩张会加速资源的耗竭并导致环境质量恶化。

经济集聚对污染排放、环境质量的影响是区域经济和环境经济领域中被广泛讨论的一个话题,不过这些研究多集中在宏观层面上,容易受到加总偏误的影响。现有研究并未细致区分制造业集聚对大气污染和水体污染影响的差异,也未区分其对排放量和排放强度影响的差异。其中,以水污染排放量为指标,Cheng(2016)认为制造业集聚加剧了城市工业废水排放,而 Zhang 等(2020)却认为集聚与工业废水两者之间呈倒 U 型关系;以水污染排放强度为指标,既有经济集聚降低 COD 排放强度的结论(陆铭、冯皓,2014),也有 S 型曲线关系的结论(张可、豆建民,2015);以大气污染排放量为指标,杨仁发(2015)认为随着经济集聚水平提高,集聚对 SO<sub>2</sub> 排放的作用表现为先促进后抑制,而谢荣辉和原毅军(2016)却认为作用是先抑制后促进;以大气污染物排放强度为指标,既有经济集聚加重了二氧化硫排放强度的结论(张可、汪东芳,2014),也存在集聚与二氧化硫排放强度呈倒 U 型关系的结论(李筱乐,2014;Y. Wang 和 J. Wang,2019);还有些研究将水污染、大气污染物综合成一种强度指标,发现产业专业化集聚显著降低企业污染排放强度(苏丹妮、盛斌,2021)。应该说,现有研究从多个维度讨论了经济集聚对污染排放的影响,遗憾的是,没有区分水体污染和大气污染的差异,再加上加总偏误和内生性问题的影响,致使现有研究结论不尽一致。相应地,本文提出如下假说。

假说 1:制造业集聚对大气污染、水体污染的影响不尽相同。

正确理解经济集聚对污染排放的影响,除了克服加总偏误和内生性问题外,还应该细致分析污染排放的来源或变化,也就是应该深入分析经济集聚的减污机制。经典环境经济学理论将污染排放量的变化分解为三个来源:规模效应、结构效应和技术效应(Cole 等,2005)。其中,规模效应解释了制造业总体规模扩大对污染排放的影响,结构效应解释了产业结构、资源能源消费结构变化所带来的污染排放变化,技术效应则捕捉了技术进步和创新对污染排放的影响(Levinson,2009)。事实上,污染排放强度变化与污染排放量变化存在差异,只有在规模效应和结构效应不变时,污染排放强度变化才与污染排放量变化的趋势相同。而且,对于不同类型污染物,其规模、结构和技术效应也存在差异。因此,应该在区分不同类型污染物的基础上细致分析制造业集聚对三种效应的真实影响,才能识别集聚对企业污染排放的影响,以及全面揭示制造业集聚的企业减污机制。鉴于本文分析重点是制造业集聚对企业减污的影响,很难在微观层面辨别产业结构变化及对应的结构效应,相应地,转向关注资源能源消费结构及对应的结构效应。事实上,产业结构调整的目的是促使污染行业过渡到清洁行业,产业结构和资源能源消费结构具有较强的伴生性(邹璇、王盼,2019),相应地,就可以从资源能源消费结构及对应的结构效应来表征企业污染排放变化的结构效应。下面本文进一步深入梳理集聚对三种效应可能的作用效果。

第一,规模效应。生产要素和经济活动在区域空间内的集聚,形成经济集聚,其发展和演化是分工深化、技术扩散和创新的一个过程,能够促进企业产出规模的扩大(陆毅等,2010;高虹,2019),也会加剧资源能源消耗和污染排放,导致环境质量恶化(张可、汪东芳,2014)。现有研究大多认为经济集聚会带来产出规模的扩大,这会加剧企业污染排放(张可、豆建民,2015;Cheng,2016)。长期以来,中国城镇化、工业化快速发展的典型特征就是通过各类资源、生产要素的集聚

实现企业产出的规模效应,从而推动经济社会发展。然而,以开发区等形式的经济集聚会加剧污染企业规模扩张,化学需氧量(COD)等水体污染物排放指标显著上升(王兵、聂欣,2016),造成河流水质恶化。韩超等(2021)对污染排放变动进行分解,同样发现企业产出规模是加剧 SO<sub>2</sub> 排放量上升的重要因素。将企业污染排放量视为企业产出的函数,企业产出规模的扩张必然会引致企业污染排放的上升(Copeland 和 Taylor,1994)。进一步,重污染行业或重点行业的污染排放占比大,如果制造业集聚对 COD 重污染行业和 SO<sub>2</sub> 重污染行业企业产出规模的作用存在差异,那么,这种差异势必会传导到集聚对 COD 和 SO<sub>2</sub> 污染排放的影响上。据此,本文提出如下假说。

假说 2:制造业集聚扩大企业产出规模,引致企业污染排放增加。

第二,结构效应。企业生产过程会形成 SO<sub>2</sub> 和 COD 的排放,不过,企业 SO<sub>2</sub> 主要源于企业生产所投入的燃料燃烧,因此,优化能源消费结构是降低企业 SO<sub>2</sub> 排放的主要途径(张可、豆建民,2015),相应也就可以从能源消费结构入手观察制造业集聚对大气污染物排放的结构效应。COD 排放的载体是工业废水,主要来源于工业生产过程,与水资源消耗和循环利用相关,相比于能源消费结构中化石能源可以使用清洁能源替代而言,水资源使用无法被替代,需要优化生产过程,提高水资源利用率,降低生产过程中的水资源消耗,提高水资源循环利用效率。在水资源承载能力趋于饱和的情况下,过度集聚还可能加剧企业对有限水资源的争夺,从而降低水资源配置效率(闫桂权等,2020)。据此,本文提出如下假说。

假说 3:制造业集聚所带来的结构效应有所不同,应该能够改善企业能源消费结构,降低 SO<sub>2</sub> 排放,却无法改进水资源消耗的结构效应,从而加剧 COD 排放。

第三,技术效应。经典的集聚理论认为正外部性、外部规模报酬递增促进集聚区内知识溢出和技术扩散(Krugman,1991),进而推动技术进步和创新,这种外部性被视为经济可持续增长的主要源泉。在集聚区内,经济集聚促进了企业之间、制造业部门之间的知识、信息、技术的快速交换,有利于技术进步和创新(王永进、张国峰,2015),降低污染排放。Levinson(2009)研究发现,1987—2001 年美国制造业 60%~95% 的污染排放降低可以归因为技术效应。事实上,长期以来,中国通过引进先进的机器设备实现技术升级,资本体现式技术进步特征明显(林毅夫、任若恩,2007),即通过资源配置或技术进步的偏向改进企业生产效率,这有利于抑制企业污染物排放。现有研究将企业污染排放物看作环境投入要素(陈登科,2020),分析资本相对于环境要素的技术偏向,也就是说,可以将企业 COD 排放量视为水资源投入要素,SO<sub>2</sub> 排放量视为能源投入要素,得到资本相对于水资源投入要素、能源投入要素的技术进步偏向,进而可以讨论制造业集聚对偏向性技术进步作用的影响。当然,由于水资源、能源的价格不同,资本对水资源投入要素、能源投入要素的替代也会有所不同,所引致的偏向性技术进步也应该存在差异。根据以上分析,本文提出如下假说。

假说 4:制造业集聚能够引致企业的偏向性技术进步,有利于抑制企业污染物排放,在不同环境投入要素之间可能存在差异。

### 三、实证设计

#### (一)计量模型构建

采用如下计量模型估计制造业集聚对企业污染排放的影响:

$$P_{icjt} = \theta_0 + \theta MA_{ct} + \varphi \vec{C} + a_j + R_{pt} + \varepsilon_{icjt} \quad (1)$$



其中,下标  $i$  为企业,  $c$  为城市,  $j$  为行业,  $t$  为年份。  $P_{icjt}$  为企业污染排放, 表征化学需氧量 (COD) 排放量、排放强度时分别为  $CE_{icjt}$ 、 $CI_{icjt}$ , 表征二氧化硫 ( $SO_2$ ) 排放量、排放强度时分别为  $SE_{icjt}$ 、 $SI_{icjt}$ ;  $\vec{C}$  表示控制变量集合, 其中, 企业层面的控制变量组包括企业年龄、企业性质和是否出口等变量, 城市层面控制变量组包括地区经济发展水平、产业结构、政府干预力度和城市化水平。为控制城市所在省份层面的宏观政策等因素的影响, 加入省份交乘年份的固定效应  $R_{pt}$ ;  $a_j$  表示行业的固定效应,  $\varepsilon_{icjt}$  为扰动项。

## (二) 主要指标构建

**污染排放指标。**选取关注度较高的两类主要污染排放物: 大气污染物 (二氧化硫,  $SO_2$ ) 和水体污染物 (化学需氧量, COD)。其中, 以污染排放量的对数值衡量企业污染排放量, 以单位工业总产值的污染排放量表征企业污染排放强度。

**制造业集聚指标。**区位熵在地区产业专业化程度等方面具有良好的测算优势, 被广泛采用, 同样, 在此采用区位熵衡量制造业集聚程度, 公式如下:

$$MA_{ct} = \frac{X_{ct} / \sum_c X_{ct}}{S_{ct} / \sum_c S_{ct}} \quad (2)$$

其中,  $c$  表示城市,  $t$  表示时间;  $X_{ct}$  表示第  $c$  个城市在第  $t$  年的制造业就业人数,  $S_{ct}$  表示第  $c$  个城市在第  $t$  年全行业总就业人数,  $\sum_c X_{ct}$  表示所有城市制造业的总就业人数,  $\sum_c S_{ct}$  表示所有城市全行业的总就业人数。考虑到集聚指标的稳健性, 参考现有研究 (范剑勇、石灵云, 2009; 陆毅等, 2010) 进行六种集聚指标测量, 进而验证本文基准结论的稳健性。

**工具变量指标。**经济集聚与污染排放存在很强的内生性。第一, 反向因果问题。制造业集聚对企业污染排放存在显著影响 (苏丹妮、盛斌, 2021), 而环境污染同时反作用于制造业集聚。第二, 遗漏变量偏误问题。商业氛围、经营环境等这些随时间变化的特征有助于制造业集聚, 也会不同程度地作用于企业污染排放, 导致集聚系数出现偏误。为此, 需要构造工具变量缓解或克服内生性问题。借鉴已有研究 (张平淡、屠西伟, 2022), 根据 Bartik 方法 (Goldsmith-Pinkham 等, 2020) 构造城市外部需求作为工具变量, 具体构造方法如下:

$$IV_{ct} = \ln \left( \sum_{j=13}^{42} share_{cj} \times Export_{jt} \right) \quad (3)$$

其中,  $share_{cj} \times Export_{jt}$  为  $c$  城市  $j$  行业的出口额;  $IV_{ct} = \ln \left( \sum_{j=13}^{42} share_{cj} \times Export_{jt} \right)$  为城市层面加权出口额对数值, 衡量城市外部需求。具体而言,  $Export_{jt}$  表示  $j$  行业  $t$  期的全国出口总额, 权重  $share_{cj}$  定义如下:

$$share_{cj} = \frac{output_{cj}}{\sum_c output_{cj}} \quad (4)$$

其中,  $output_{cj}$  表示  $c$  城市在制造业行业  $j$  (两位数代码水平) 的总产值比重。工具变量有效识别条件是满足相关性和外生性。第一, 相关性。在新经济地理学派看来, 市场需求关联的市场潜能是经济集聚形成的重要原因和动力机制 (刘修岩等, 2007)。相应地, Bartik 工具变量的相关性在理论上可以得到满足。第二, 外生性。一是份额权重外生性的问题。本文将份额权重固定在 1998 年, 相对于 1999 年滞后一期, 2000 年滞后两期, 以此类推, 这在一定程度上保证了外生性条件。二

是出口变量的外生性考虑。中国于 2001 年加入 WTO 这一事件较为外生,而加入 WTO 直接会带来出口需求的变化,这在一定程度上使得本文出口变量在样本期间的变化具有一定的外生性。结合 Goldsmith-Pinkham 等(2020)和 Borusyak 等(2022)的研究,可知无论是份额权重还是出口变量都具有外生性,Bartik 工具变量的外生性均可得到满足。

(三)控制变量

企业层面的控制变量包括:企业出口(*Gd*),根据企业是否存在出口交货值确定;企业所有制性质(*State*),根据企业登记注册类型确定;企业偿债能力(*Pay*),以企业流动资产占总资产比例度量;企业年龄(*Age*),用观测年份减去设立年份并加 1 表示。城市层面的控制变量包括:产业结构(*Ind*),以第二产业占 GDP 比重表示;城市经济发展水平(*Gdp*),以人均 GDP 的对数值表征;政府干预力度(*Fis*),以人均财政支出的对数值表征;城市化水平(*Urban*),以城市夜间灯光亮度度量。

(四)数据来源与处理

企业污染数据和基础数据来源于中国工业企业数据与中国工业企业污染排放数据库。基础数据处理步骤如下:剔除销售额、职工人数、总资产或固定资产缺失、职工人数少于 8、销售额低于 500 万元等异常数据;剔除西藏自治区的观测值数据。由于 2010 年工业总产值和工业增加值数据缺失,2008—2009 年工业增加值数据缺失,且 2009 年、2010 年的统计数据质量较差,出现较为严重的法人代码缺失现象,样本统计质量难以保证,故将研究区间限定在 1998—2007 年、2011—2014 年(朱沛华、陈林,2020)。就业数据来源于 CEIC 中国经济数据库,城市灯光数据来源于国家青藏高原科学数据中心,其余城市数据来源于《中国城市统计年鉴》。出口变量使用的贸易数据来源于 UN Comtrade Database,<sup>①</sup>具体处理参见张平淡和屠西伟(2022)。主要变量的描述性统计见表 1。

表 1 描述性统计

变量名称	变量符号	变量定义	样本数	均值	标准差
化学需氧量排放量	<i>CE</i>	化学需氧量排放量加 1 取对数	384438	6.9733	3.9039
二氧化硫排放量	<i>SE</i>	二氧化硫排放量加 1 取对数	363744	8.4131	3.9205
化学需氧量排放强度	<i>CI</i>	单位产值化学需氧量排放量	384438	0.9070	4.3021
二氧化硫排放强度	<i>SI</i>	单位产值二氧化硫排放量	363744	1.5459	4.3258
制造业集聚	<i>MA</i>	制造业集聚对数值	423246	0.1122	0.7667
工具变量	<i>IV</i>	外部需求对数值	426269	23.7197	1.7648
企业出口	<i>Gd</i>	出口交货值大于 0 取值为 1, 等于 0 则取值为 0	426269	0.2819	0.4499
企业偿债能力	<i>Pay</i>	企业流动资产占资产合计之比	426238	0.5306	0.2160
企业年龄	<i>Age</i>	观测年份减去成立年份再加 1	426269	17.3352	13.9489
企业性质	<i>State</i>	根据登记注册类型确定	426269	0.1273	0.3333
产业结构	<i>Ind</i>	第二产业占 GDP 比重(%)	426215	49.4210	8.7289
经济发展水平	<i>Gdp</i>	人均 GDP 对数值	426215	10.0832	1.0187
政府干预力度	<i>Fis</i>	人均财政支出对数值	426215	7.7618	1.1620
城市化水平	<i>Urban</i>	夜间灯光亮度	424895	1147.5550	1111.5000

① 数据来源: <https://comtrade.un.org/>。

四、实证结果分析

(一) 基准结果

基于工具变量的回归结果列于表 2。表 2 第(1)列结果表明外部需求显著推动制造业集聚,说明外部需求是经济集聚的长期动力;第(2)、(3)列结果显示制造业集聚显著提高了企业 COD 排放量,抑制了企业 SO<sub>2</sub> 排放量,表明制造业集聚对大气污染和水体污染存在异质性影响,假说 1 得到验证。现有研究主要集中在宏观层面,没有细致辨别经济集聚对大气污染和水体污染的异同,在构造合适的工具变量之后,本文实证发现,样本期内制造业集聚对微观企业大气污染物排放和水体污染物排放的影响迥然不同。进一步,表 2 第(4)、(5)列估计结果显示,制造业集聚显著降低企业 COD 排放强度和 SO<sub>2</sub> 排放强度,这一结论与现有研究保持一致(苏丹妮、盛斌,2021)。污染排放量取决于规模效应、结构效应和技术效应,而排放强度的变化只能捕捉技术效应,为进一步廓清其中机制原理,本文在机制分析中将细致区分制造业集聚对于不同类型污染物作用机制的影响差异。

表 2 基于工具变量的估计结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	MA	CE	SE	CI	SI
MA		0. 4197 *** ( 0. 0703 )	- 0. 8423 *** ( 0. 0662 )	- 0. 9042 *** ( 0. 0916 )	- 0. 4728 *** ( 0. 0805 )
IV	0. 2152 *** ( 0. 0021 )				
控制变量	是	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是	是
省份 × 年份效应	是	是	是	是	是
KP-LM		5410. 3410	5846. 1010	5410. 3410	5846. 1010
KP-F		8716. 3570	9080. 1670	8716. 3570	9080. 1670
观测值	422510	380865	360124	380865	360124

注:括号内为聚类到企业层面的稳健标准误;\*、\*\*和\*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平。表中报告了工具变量的识别不足 KP-LM( Kleibergen-Paap rk LM statistic)和弱识别 KP-F( Kleibergen-Paap rk Wald F statistic)的统计量,检验结果表明工具变量是有效的。下同。

在基于工具变量的识别策略中,本文并未控制企业的固定效应,原因如下。第一,增强工具变量的外生波动性。<sup>①</sup> 企业固定效应的控制,使得系数估计的来源是这个类内核心解释变量的变动性,弱化工具变量相关性条件。故而,本文借鉴 Nunn 和 Wantchekon(2011)等的研究思路,放弃最低层级(企业)固定效应的控制。Bartik 工具变量本质上是通过城市行业份额与历年行业出口额的交乘项来预测每个城市的出口需求,通过各城市需求的变动来识别制造业集聚对企业污染排放的影响,企业固定效应的控制会降低工具变量在城市层面的波动性,工具变量识别的有效性会有所降低。第二,样本选择问题。之所以不控制企业固定效应,还有避免样本选择而加重内生性的考虑。样本期内约有 12 万家企业,存续一期的企业约有 3 万家,企业固定效应的控制会导致损失近

① 限于篇幅,省略具体说明,感兴趣的读者可向作者索取。

25% 的企业,这些企业由于营业收入没有达到统计标准或自然死亡退出工业企业数据库,会造成样本非随机损失,反而加重内生性问题。事实上,只要工具变量满足假设条件,是否控制企业固定效应,并不影响系数的一致估计。

(二) 稳健性检验

本文对基于工具变量的回归结果进行一系列稳健性检验。<sup>①</sup> (1) 替换集聚变量:基于工业企业数据,分别参照范剑勇和石灵云(2009)、陆毅等(2010)的做法,计算不同形式的集聚指标。(2) 替换被解释变量:以工业废水、烟尘排放量分别替换化学需氧量、二氧化硫排放量。(3) 替换工具变量:根据现有研究,采用 1984 年人口密度、地形坡度和地形起伏度作为制造业集聚的工具变量。(4) 滞后工具变量:将本文构造的 Bartik 工具变量滞后一期。(5) 调整固定效应:本文将行业效应调整为行业交乘年份的固定效应。(6) 调整聚类层级:将聚类层次上调至省份交乘行业层面。(7) 增加控制变量:参考现有研究,加入人口密度变量。上述稳健性检验结果均表明本文基准结论稳健。

五、进一步研究

(一) 机制分析

基准分析表明,制造业集聚对企业不同类型污染物排放量具有差异化影响,在此,从规模效应、结构效应、技术效应三个方面来揭示制造业集聚对企业两类污染物排放的减污机制异同。

1. 规模效应

中国经济持续增长、经济规模不断扩大是环境污染的重要挑战。经济集聚是经济发展的典型事实,也是推动经济发展的空间动力,对于微观经济主体企业而言,制造业集聚会释放经济规模效应,扩大企业产出规模和资产规模,这会带来污染排放的增加。将企业增加值(对数值,  $\ln Y$ )、资产规模(对数值,  $\ln assets$ ) 分别作为被解释变量对制造业集聚指标进行回归。表 3 第(1)、(2)列显示,制造业集聚显著促进了企业增加值的提升,也扩大了企业资产规模,也就是规模效应显著,这会带来污染物排放的加剧,假说 2 得以验证。

表 3 规模效应

变量	全行业		COD 重污染行业		SO <sub>2</sub> 重污染行业	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	$\ln Y$	$\ln assets$	$\ln Y$	$\ln assets$	$\ln Y$	$\ln assets$
MA	0. 2046 *** (0. 0282)	0. 2513 *** (0. 0288)	0. 1415 *** (0. 0417)	0. 2023 *** (0. 0424)	0. 1181 ** (0. 0464)	0. 1420 *** (0. 0494)
控制变量	是	是	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是	是	是
省份 × 年份效应	是	是	是	是	是	是
KP-LM	6496. 2200	6617. 2730	2716. 2660	2759. 3340	2516. 1340	2573. 5390
KP-F	10000. 0000	10000. 0000	4707. 4110	4789. 3400	3491. 8930	3604. 9850
观测值	414001	422509	184841	188305	140893	144081

① 限于篇幅,稳健性检验结果未报告,感兴趣的读者可向作者索取。



进一步,制造业对不同类型污染物影响的差异,可能是由于制造业集聚对不同污染物行业的企业产出规模作用不同。根据《第一次全国污染源普查公报》,①将化学需氧量排放量居前7位的制造业行业界定为COD重污染行业,将二氧化硫排放量居前5位的制造业行业(不包含电力、热力的生产和供应业)界定为SO<sub>2</sub>重污染行业,讨论制造业集聚对两种类型污染行业企业规模效应的差异。表3第(3)~(6)列的回归结果表明,规模效应显著,且制造业集聚对COD重污染行业企业规模的扩张作用强于SO<sub>2</sub>重污染行业。

2. 结构效应

能源和水资源是制造业企业生产过程中的重要投入要素,其利用效率的高低直接影响企业污染排放。制造业集聚对水资源消耗结构和能源消费结构的差异化影响,直接导致制造业集聚对两类污染物排放影响的差异。对于水资源消耗结构的度量,采用新鲜水资源消耗占比(*Fre*)、企业循环用水率(*Rec*)表征。其中,新鲜水耗占比(*Fre*)采用新鲜用水占工业用水总量比重来测度,企业循环用水率(*Rec*)使用企业工业用水总量中循环用水量占比来衡量(万攀兵等,2021)。对于能源消费结构的度量,采用煤炭在能源消费总量中占比(*ES*)表征。

表4第(1)、(2)列结果显示,制造业集聚显著降低了企业循环用水率、提高了新鲜水资源占比。可以认为,制造业集聚导致了企业水资源消耗上升、水资源循环利用下降,没有实现水资源节约,没有改善企业的水资源消耗结构,这会加剧企业COD排放。表4第(3)列结果显示,制造业集聚显著降低了企业煤炭占比,带来了企业能源消费结构的改善。能源消费结构的优化可能是企业能源强度作用的影响,进一步以单位产值煤炭消耗量表征能源强度②(*EI*)并对制造业集聚指标进行回归,第(4)列结果表明制造业集聚显著降低了能源强度。

表 4 结构效应

变量	水资源消耗结构		能源消费结构	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Rec</i>	<i>Fre</i>	<i>ES</i>	<i>EI</i>
<i>MA</i>	-0.0404 *** (0.0063)	0.0372 *** (0.0057)	-0.0675 *** (0.0090)	-0.1739 *** (0.0386)
控制变量	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是
省份×年份效应	是	是	是	是
KP-LM	4923.0480	6064.5400	2291.5170	2720.0640
KP-F	7506.9580	9242.8670	3467.5330	4123.8200
观测值	325862	395961	117977	148439

① COD重污染行业:造纸及纸制品业、纺织业、农副食品加工业、化学原料及化学制品制造业、饮料制造业、食品制造业、医药制造业;SO<sub>2</sub>重污染行业:非金属矿物制品业,黑色金属冶炼及压延加工业,化学原料及化学制品制造业,有色金属冶炼及压延加工业,石油加工、炼焦及核燃料加工业。

② 根据三种能源折标准煤参考系数,将企业煤炭、燃料油和天然气消耗量折算成标准煤,进而以三者之和表征企业能源消费量。由于煤炭、燃料油和天然气消耗量在各个年度存在不同程度上的缺失,参考张平淡和屠西伟(2022),能源消费数据限于2001—2007年。

可以看到,制造业集聚带来了企业能源消费结构的优化,通过结构效应抑制了企业  $\text{SO}_2$  排放,然而,制造业集聚并未优化水资源消耗的结构,加剧了企业 COD 排放,假说 3 得以验证。

3. 技术效应

企业可以通过偏向性技术进步实现资本对水资源、能源的替代,能够有效降低 COD 和  $\text{SO}_2$  排放。不过,由于资本对水资源以及能源的替代作用可能存在不同,即技术偏向存在差异,可能最终导致企业减污效果存在差异。已有研究表明企业排放污染物所造成“环境污染损失”可以看作“环境要素投入”(陈登科,2020),相应地,将企业 COD 排放和  $\text{SO}_2$  排放视作为环境要素投入,验证制造业集聚对两类偏向性技术的差异性影响。对于偏向性技术进步的衡量,借鉴现有研究(陈登科,2020),采用资本与 COD 排放量之比的对数值( $\ln kc$ )、资本与  $\text{SO}_2$  排放量之比的对数值( $\ln ks$ )来衡量资本相对于两种环境要素投入的技术偏向。表 5 第(1)、(2)列回归结果表明,制造业集聚的技术偏向效应显著,能够推动企业生产效率改进,可以降低两种污染物排放,而且从作用效果来看,对于大气环境要素投入的替代作用更强,假说 4 得以验证。

进一步,根据 WIPO 提供的绿色专利分类范围清单从中国专利数据库中筛选出绿色专利,并将其区分为绿色发明型专利和绿色实用型专利,以两种类型专利申请量之和表征企业绿色技术创新水平(*Green*)。表 5 第(3)、(4)列回归结果表明,制造业集聚对 COD 重污染行业、 $\text{SO}_2$  重污染行业企业的绿色技术创新作用效果并不显著,这一结论表明制造业集聚的技术效应并不是来自于企业绿色技术创新能力的提高,而是来源于偏向性技术进步。

表 5
 技术效应

变量	偏向性技术进步		绿色技术创新	
	全行业		COD 重污染行业	$\text{SO}_2$ 重污染行业
	(1)	(2)	(3)	(4)
	$\ln kc$	$\ln ks$	<i>Green</i>	<i>Green</i>
<i>MA</i>	0.5096 *** (0.0478)	0.6301 *** (0.0394)	0.0112 (0.0156)	0.0366 (0.0362)
控制变量	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是
省份×年份效应	是	是	是	是
KP-LM	4466.9920	5047.4130	2759.3340	2573.5170
KP-F	7851.7700	8008.9640	4789.3400	3604.9840
观测值	309081	303827	188305	144082

综合来看,制造业集聚对企业 COD、 $\text{SO}_2$  排放的作用机制有所不同,其中,规模效应相仿,且制造业集聚对 COD 重污染行业的规模效应更强;结构效应迥异,制造业集聚能够带来企业能源消费结构的优化,这有利于抑制企业  $\text{SO}_2$  排放,但扩大了水资源消耗、抑制了水循环利用,这会加剧企业 COD 排放;技术效应也大体相仿,制造业集聚能够引致偏向性技术进步,这有利于抑制两类污染物排放,从作用效果来看对大气环境要素投入的替代作用更强,不过并没有带来企业绿色技术创新。

(二)异质性分析

1. 企业所有制异质性

已有研究表明国有企业具有显著的制度优势以及资源过度挤占特征,企业所有制的不同可能影响制造业集聚的减污效应。表 6 第(1)、(2)列回归结果表明,相比于国有企业,制造业集聚对非国有企业 COD 排放的促进作用较小;第(3)、(4)列结果表明,制造业集聚对非国有企业 SO<sub>2</sub> 排放的抑制作用更强。进一步实证研究发现,①对于非国有企业,制造业集聚促进资本偏向于水环境要素的技术进步,降低企业 COD 污染排放,但对于国有企业而言,集聚作用却不显著,这是集聚更导致国有企业 COD 排放加重的重要原因。同样,对于非国有企业,制造业集聚促进资本偏向于大气环境要素的技术进步的作用更强,抑制 SO<sub>2</sub> 排放的作用更强。

表 6 企业异质性

变量	非国企	国企	非国企	国企
	(1)	(2)	(3)	(4)
	CE	CE	SE	SE
MA	0.2543 *** (0.0690)	1.2248 *** (0.2541)	-0.8405 *** (0.0669)	-0.7679 *** (0.2223)
控制变量	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是
省份×年份效应	是	是	是	是
KP-LM	5213.4370	552.6280	5636.6580	556.5830
KP-F	8518.8440	821.8600	8958.4610	758.8130
观测值	329177	51646	309352	50731

2. 行业异质性

高技术行业企业的技术效应应该更为凸显,可以推断,在高技术产业与非高技术产业之间,制造业集聚的减污效应可能存在显著差异。根据《高技术产业(制造业)分类》,②在行业四位数代码水平上定义高技术产业。表 7 第(1)、(2)列回归结果显示,制造业集聚显著促进非高技术行业企业 COD 排放,而对高技术产业的企业 COD 排放并不显著;第(3)、(4)列结果说明,制造业集聚对高技术行业企业 SO<sub>2</sub> 排放的抑制作用更强。进一步分析发现,制造业集聚对高技术产业企业的水资源消耗结构并未起到显著的恶化作用,说明高技术企业在充分利用集聚资源、提高节水技术进步上有一定优势,但仍需在生产过程中优化生产工艺,降低水资源消耗,提高水资源循环利用率,显著减少水污染排放。此外,本文发现制造业集聚对高技术产业企业资本偏向于大气环境要素的技术进步效应更强,这是集聚有效抑制高技术行业企业 SO<sub>2</sub> 排放的重要原因。

① 限于篇幅,未报告异质性中的进一步回归结果,感兴趣的读者可向作者索取。  
② 资料来源:国家统计局网站, <http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjbz/201310/P020131021347576415205.pdf>。

表 7
 行业异质性

变量	非高技术产业	高技术产业	非高技术产业	高技术产业
	(1)	(2)	(3)	(4)
	CE	CE	SE	SE
MA	0.4342 <sup>***</sup> (0.0728)	0.1581 (0.2390)	-0.7791 <sup>***</sup> (0.0677)	-1.5020 <sup>***</sup> (0.2725)
控制变量	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是
省份 × 年份效应	是	是	是	是
KP-LM	5127.0950	376.7280	5567.2540	351.2470
KP-F	8218.7370	641.2030	8587.0580	619.0990
观测值	352788	28073	335307	24813

3. 城市集聚程度的异质性

不同集聚阶段,制造业集聚对企业不同类型污染物的影响可能存在差异,为此,将高于城市制造业集聚程度的平均值界定为高集聚水平,反之界定为低集聚水平。表 8 第(1)、(2)列回归结果表明,在低水平集聚地区,制造业集聚显著抑制企业 COD 排放,而在高水平集聚地区,集聚显著加剧企业 COD 排放。第(3)、(4)列结果显示,制造业集聚对高集聚水平地区企业的 SO<sub>2</sub> 排放抑制作用更强。产业集群生命周期理论认为集聚进入成熟或衰退阶段,基本实现标准化大规模生产,对技术创新的需求开始下降,企业间竞争也逐渐由技术竞争转向要素成本竞争,集聚所形成的拥挤效应凸显,导致环境质量恶化。进一步实证分析发现,相比于低集聚水平,在高集聚水平地区,制造业集聚的资本偏向于水环境要素的技术进步效应并不显著,而偏向于大气环境要素的技术进步效应更强,这一结果说明对于 COD 排放而言,制造业集聚已经进入衰退期,而对于 SO<sub>2</sub> 排放而言,集聚并未进入衰退期,集聚的技术效应依然在增强。

表 8
 集聚程度异质性

变量	低集聚	高集聚	低集聚	高集聚
	(1)	(2)	(3)	(4)
	CE	CE	SE	SE
MA	-0.2230 <sup>***</sup> (0.0704)	3.4928 <sup>***</sup> (0.3444)	-0.6001 <sup>***</sup> (0.0770)	-3.1888 <sup>***</sup> (0.3135)
控制变量	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是
省份 × 年份效应	是	是	是	是
KP-LM	4821.0110	1184.8200	4940.7730	1202.6010
KP-F	8318.2860	1221.1190	8745.5580	1110.8730
观测值	159229	221619	143525	216578



## 六、结论与启示

本文基于 1998—2014 年中国微观企业层面的数据,采用 Bartik 工具变量检验了制造业集聚对企业不同类型污染物排放的影响,实证发现,样本期制造业集聚加剧了企业 COD 排放、抑制了企业 SO<sub>2</sub> 排放。机制分析表明,制造业集聚对企业 COD、SO<sub>2</sub> 排放的作用机制有所不同,其中,规模效应相仿,且制造业集聚对 COD 重污染行业的规模效应更强;结构效应迥异,制造业集聚能够带来企业能源消费结构的优化,这有利于抑制企业 SO<sub>2</sub> 排放,但扩大了水资源消耗、抑制了水循环利用,这会加剧企业 COD 排放;技术效应也大体相仿,制造业集聚能够引致偏向性技术进步,这有利于抑制两类污染物排放,从作用效果来看对大气环境要素投入的替代作用更强,不过并没有带来企业绿色技术创新。异质性分析表明,制造业集聚对国有企业、非高技术行业和城市集聚水平较高地区企业 COD 排放的促进作用更大,对非国有企业、高技术行业和高集聚水平地区企业 SO<sub>2</sub> 排放的抑制作用更强。

本文得出如下政策启示。(1)关注企业减污机制,分类指导,推进企业减污。“十四五”时期,我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量由量变到质变的关键时期,推动企业减污是重中之重。本文实证发现,制造业集聚对水体污染和大气污染的影响大不相同,对大气污染而言,减污降碳能够实现协同增效,提高清洁能源占比是有效手段;对水体污染而言,需要强化源头减量和加大循环用水,推进资源节约高效利用,这就需要构建绿色低碳循环经济体系,协同推进经济高质量发展和环境高水平保护。(2)建设美丽中国,推动绿色发展,切实改善环境质量,需要推动强度和总量双控。本文实证发现,制造业集聚能够降低 SO<sub>2</sub> 和 COD 排放强度,但加剧了 COD 排放量,提高了新鲜水耗。2021 年中央经济工作会议提出,创造条件尽早实现能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变,进一步,还应该适时考虑推进水资源消耗的强度和总量双控。(3)坚持创新驱动。转向高质量发展阶段,仍然需要保持制造业比重相对稳定,制造业产出规模扩张与企业减污仍存在冲突,因此,要以供给侧结构性改革为主线,坚持创新驱动,强化绿色科技创新支撑,推动企业绿色低碳转型,加快建设现代化产业体系。

### 参考文献:

1. 陈登科:《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》,《经济研究》2020 年第 12 期。
2. 范剑勇、石灵云:《产业外部性、企业竞争环境与劳动生产率》,《管理世界》2009 年第 8 期。
3. 高虹:《中国制造业空间分布特征及其变化:全球化、经济集聚和经济政策》,《上海商学院学报》2019 年第 3 期。
4. 韩超、王震、田蕾:《环境规制驱动减排的机制:污染处理行为与资源再配置效应》,《世界经济》2021 年第 8 期。
5. 李筱乐:《市场化、工业集聚和环境污染的实证分析》,《统计研究》2014 年第 8 期。
6. 林毅夫、任若恩:《东亚经济增长模式相关争论的再探讨》,《经济研究》2007 年第 8 期。
7. 刘修岩、殷醒民、贺小海:《市场潜能与制造业空间集聚:基于中国地级城市面板数据的经验研究》,《世界经济》2007 年第 11 期。
8. 陆铭、冯皓:《集聚与减排:城市规模差距影响工业污染强度的经验研究》,《世界经济》2014 年第 7 期。
9. 陆毅、李冬娅、方琦璐、陈熹:《产业集聚与企业规模——来自中国的证据》,《管理世界》2010 年第 8 期。
10. 苏丹妮、盛斌:《产业集聚、集聚外部性与企业减排——来自中国的微观新证据》,《经济学(季刊)》2021 年第 5 期。
11. 万攀兵、杨冕、陈林:《环境技术标准何以影响中国制造业绿色转型——基于技术改造的视角》,《中国工业经济》2021 年第 9 期。

12. 王兵、聂欣:《产业集聚与环境治理:助力还是阻力——来自开发区设立准自然实验的证据》,《中国工业经济》2016 年第 12 期。
13. 王永进、张国峰:《人口集聚、沟通外部性与企业自主创新》,《财贸经济》2015 年第 5 期。
14. 谢荣辉、原毅军:《产业集聚动态演化的污染减排效应研究——基于中国地级市面板数据的实证检验》,《经济评论》2016 年第 2 期。
15. 闫桂权、何玉成、张晓恒、杨钰蓉:《产业集聚与城市用水强度:降低还是提升——基于中国 285 个地级及以上城市的经验分析》,《长江流域资源与环境》2020 年第 4 期。
16. 杨仁发:《产业集聚能否改善中国环境污染》,《中国人口·资源与环境》2015 年第 2 期。
17. 张可、豆建民:《集聚与环境污染——基于中国 287 个地级市的经验分析》,《金融研究》2015 年第 12 期。
18. 张可、汪东芳:《经济集聚与环境污染的交互影响及空间溢出》,《中国工业经济》2014 年第 6 期。
19. 张平淡、屠西伟:《制造业集聚、技术进步与企业全要素能源效率》,《中国工业经济》2022 年第 7 期。
20. 朱沛华、陈林:《工业增加值与全要素生产率估计——基于中国制造业的拟蒙特卡洛实验》,《中国工业经济》2020 年第 7 期。
21. 邹璇、王盼:《产业结构调整与能源消费结构优化》,《软科学》2019 年第 5 期。
22. Brakman, S., Garretsen, H., Gigengack, R., Van Marrewijk, C., & Wagenvoort, R., Negative Feedbacks in the Economy and Industrial Location. *Journal of Regional Science*, Vol. 36, No. 4, 1996, pp. 631 – 651.
23. Borusyak, K., Hull, P., & Jaravel, X., Quasi-Experimental Shift-Share Research Designs. *The Review of Economic Studies*, Vol. 89, No. 1, 2022, pp. 181 – 213.
24. Cheng, Z., The Spatial Correlation and Interaction between Manufacturing Agglomeration and Environmental Pollution. *Ecological Indicators*, Vol. 61, 2016, pp. 1024 – 1032.
25. Cole, M. A., Elliott, R. J. R., & Shimamoto, K., Industrial Characteristics, Environmental Regulations and Air Pollution: An Analysis of the UK Manufacturing Sector. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 50, No. 1, 2005, pp. 121 – 143.
26. Copeland, B. R., & Taylor, M. S., North-South Trade and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 109, No. 3, 1994, pp. 755 – 787.
27. Goldsmith-Pinkham, P., Sorkin, I., & Swift, H., Bartik Instruments: What, When, Why, and How. *American Economic Review*, Vol. 110, No. 8, 2020, pp. 2586 – 2624.
28. Krugman, P., Increasing Returns and Economic Geography. *The Journal of Political Economy*, Vol. 99, No. 3, 1991, pp. 483 – 499.
29. Levinson, A., Technology, International Trade, and Pollution from US Manufacturing. *American Economic Review*, Vol. 99, No. 5, 2009, pp. 2177 – 2192.
30. Nunn, N., & Wantchekon, L., The Slave Trade and the Origins of Mistrust in Africa. *American Economic Review*, Vol. 101, No. 7, 2011, pp. 3221 – 3252.
31. Wang, Y., & Wang, J., Does Industrial Agglomeration Facilitate Environmental Performance: New Evidence from Urban China? . *Journal of Environmental Management*, Vol. 248, 2019, No. 109244.
32. Zeng, D. Z., & Zhao, L., Pollution Havens and Industrial Agglomeration. *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 58, 2009, pp. 141 – 153.
33. Zhang, P., Yang, D., Zhang, Y., Li, Y., Liu, Y., Cen, Y., Zhang, W., Geng, W., Rong, T., Liu, Y., & Shao, J., Re-Examining the Drive Forces of China's Industrial Wastewater Pollution Based on GWR Model at Provincial Level. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 262, 2020, No. 121309.

## Manufacturing Agglomeration and Enterprise Pollution Reduction: The Difference between Air Pollution and Water Pollution

ZHANG Pingdan, TU Xiwei (Beijing Normal University, 100875)

**Abstract:** Since the introduction of the reform and opening up policy, the geographical agglomeration characterized by industrial parks and industrial clusters has increased the economic efficiency of enterprises in

the agglomeration area, and is an important symbol of China's economic growth miracle. At the same time, the phenomenon of pollution spread highly overlaps with the economic agglomeration area, and many pollution phenomena such as heavy metals in rivers and haze weather have become common, which attracts considerable attention to the relationship between agglomeration and pollution. Based on the China's micro enterprise data from 1998 to 2014, this paper uses the Bartik method to construct the external demand at the urban level as a tool variable, and carefully screens the differential impact of manufacturing agglomeration on water pollution and air emissions of enterprises. The benchmark regression results show that during the sample period, manufacturing agglomeration has intensified the COD emissions of enterprises and restrained the SO<sub>2</sub> emissions. The mechanism analysis shows that the scale effect and technical effect brought by manufacturing agglomeration are generally similar, but the structural effect is quite different: the manufacturing agglomeration has significantly reduced the coal consumption and energy intensity, which is an important reason for the curbed SO<sub>2</sub> emissions among enterprises. However, the manufacturing agglomeration has reduced the rate of water recycling of enterprises, while increased the fresh water consumption, which is an important reason for the higher COD emissions among enterprises. Heterogeneity analysis shows that manufacturing agglomeration plays a greater role in increasing the COD emissions of state-owned enterprises, enterprises in non-high-tech industries and enterprises in areas with higher urban agglomeration level, and in inhibiting the SO<sub>2</sub> emissions in non-state-owned enterprises, high-tech industries and areas with high agglomeration level.

This paper draws the following policy implications. First, it's important to pay attention to the pollution reduction mechanism of enterprises, and promote enterprise pollution reduction by category. This paper empirically finds that the impact of manufacturing agglomeration on water pollution and air pollution is very different. For air pollution, pollution reduction and carbon reduction can achieve synergy and increasing the use of clean energy is an effective means; for water pollution, it is necessary to step up efforts to fight pollution at the source, increase water recycling, and promote the conservation and efficient use of water resources. Second, to build a beautiful China, promote green development and effectively improve environmental quality, we need to tighten control over energy intensity and consumption. This paper empirically finds that manufacturing agglomeration can reduce the intensity of SO<sub>2</sub> and COD emissions, but aggravates COD emissions and increases the consumption of fresh water. Therefore, we should timely consider promoting the dual control of the intensity and consumption of water resources. Third, we should continue to pursue innovation-driven development. As we move to the stage of high-quality development, it is still necessary to maintain a relatively stable proportion of the manufacturing industry, and there is still a conflict between the expansion of the production capacity of the manufacturing industry and the pollution reduction of enterprises. Therefore, we should take the supply-side structural reform as the main line, adhere to the innovation-driven development policy, strengthen the supporting role of green scientific and technological innovation, and promote enterprises to go green and low-carbon.

**Keywords:** Manufacturing Agglomeration, Air Pollution, Water Pollution, Bartik IV

**JEL:** O13, R12, D21

责任编辑: 静 好