

企业间环境不平等：测度和分解*

聂辉华 林佳妮

摘要：有效的环境治理最终需要落实到企业间的排污额度分配，因此企业间的环境不平等问题至关重要，但这一问题尚缺乏学者们的关注。文章首次对中国企业间的环境不平等程度进行了测度和分解。使用工业企业数据库和工业企业污染数据库匹配数据，主要运用基尼系数测度企业间环境不平等程度，并基于回归方程对不平等进行夏普里值分解，进而考察企业间环境不平等的来源。研究发现，企业间的污染排放存在高度的不平等状态，并且这种不平等主要存在于同一城市内部不同企业之间，其次才是不同城市之间；分组来看，中西部地区、轻污染行业、私营企业的环境不平等程度偏高；造成企业间环境不平等的主要因素是企业能源资源用量、企业固有特征和企业规模。进一步的机制分析发现，能源的环境后果更多受到企业资源集约度的影响，而非由“先赋”的行业类型决定；大企业的排污强度低于小企业，是源于“抓大放小”的规模歧视，而非禀赋差异。基于以上结论，本文提出了关注企业间污染分配公平、以节能促减排和“抓大放小”的政策建议。

关键词：环境不平等；环境污染；基尼系数；夏普里值分解；企业

中图分类号：X196；F276 **文献标识码：**A

作者简介：聂辉华，中国人民大学经济学院教授；林佳妮，中国人民大学经济学院博士生

一、为什么要理解企业间环境不平等

改革开放以来，中国实现了世界瞩目的高速经济增长。但是，到了 21 世纪，高速增长背后累积的环境污染问题也日益严重。例如，根据 2010 年环保部、国家统计局和农业部联合发布的《第一次全国污染源普查公报》，全国各类源废水排放总量达 2092.81 亿吨，废气排放总量达 637203.69 亿立方米。主要污染物中，化学需氧量（COD）排放量达 3028.96 万吨，二氧化硫达 2320.00 万吨。^①2010 年的中国二氧化硫排放量超越了美国和欧盟的总和，成为全球二氧化硫排放首位。^②同时，酸雨、雾霾等现象也引发了公众的广泛关注。环境污染的严重化，给人们的健康水平和生活质量提高带来了挑战。在此背景下，2003 年召开的十六届三中全会提出了“科学发展观”的理念，中国开始重视人与自然的和谐发展。2012 年召开的十八大提出了“建设生态文明”的口号，2014 年中央政府决心“向污染宣战”，此后环境治理逐渐成为国家治理的重要议题。事实上，学者们的研究发现，2014 年之后中国的空气质量显著改善，以 PM2.5、SO₂ 和 CO 为主要指标的污染浓度下降了 33%-65%。^③

然而，对于中国的环境污染和治理问题，人们普遍关注污染的总量及其变化，而很少关注污染的差异问题或分配问题。从政策实施角度讲，环境治理最终都要落实到企业这一污染排放主体上；从学术研究角度讲，理解了不同企业的污染排放差异及其影响因素，才能从微观机制上揭示控制环境污染的成功经验。在环境保护方面，我们关心的问题包括：一个地区的排污总量是怎样在不同企业之间分配的？事实上的排污额度分配是否合理？造成企业之

* 本文系教育部重大课题攻关项目“深化‘放管服’改革促进营商环境持续优化研究”（项目编号：18JZD048）和国家社科基金哲学社会科学领军人才项目“大国博弈视角下统筹发展和安全的经济学逻辑研究”（项目编号：22VRC157）的阶段性成果。

① 《第一次全国污染源普查公报》，国家统计局 2010 年 2 月 11 日报道。

http://www.stats.gov.cn/sj/tjgb/qtjgb/qgqtjgb/202302/t20230218_1913282.html?eqid=a7034187000526f00000000564423a7e

② Hill S., “Reforms for a Cleaner, Healthier Environment in China”. OECD Economics Department Working Papers, No. 1045, 2013, OECD Publishing.

③ Greenstone M., He G., Li S., and Zou E., “China’s War on Pollution: Evidence from the First 5 Years” Review of Environmental Economics and Policy, Volume 15, Number 2, 2021.

间污染排放程度差异的原因是什么？其实，企业间排污的差异除了影响环境保护目标外，也会带来生产上和福利上的后果。在生产方面，由于排污和生产息息相关，企业间的排污差异会带来发展机会和经济效益的差异。例如，He 等发现，由于水质监测站只收集上游地区的污染排放数据，处在监测站上游的企业的污染排放受到约束，这导致上游企业的 TFP 相对于下游企业显著下降。^①那些排污额度较小的企业，或者需要压缩生产规模，或者需要在减排设备和清洁技术上进行更多投资，这会导致经济利润和生产效率的减少。相反，那些排污额度更大的企业，则免受这种损失。因此，企业的污染排放额度，可以被视为一种影响企业发展的资源，排污额度差距很可能是造成资源配置扭曲的一个因素。在福利方面，排污差异也会引发居民福利的不平等。许多文献证明环境污染会影响人们的健康水平、死亡率和幸福感。^②企业间排污不均则意味着，那些在高污染企业及其附近工作生活的居民，承担了更高的环境成本和健康风险。

近年来，学者们从关注收入不平等开始转向关注环境不平等（environmental inequality），即污染排放或污染暴露的不均等。环境不平等这一概念起源于环境公平（environmental equity）。环境公平的概念最早由美国环境保护署（EPA）界定，它是指“环境利益和风险在不同收入和文化群体中被公平而成比例地分配，政府应保障与这种分配相关的政策和程序不区别地对待不同收入和文化群体”。^③“公平”是一个带有带有主观价值判断的概念，而“平等”则可以运用客观的衡量工具去衡量，因此学术界通常针对环境不平等进行测度和分析。在国际文献中，学者们主要关注人群间环境不平等，即不同种族或阶层的人群暴露于环境污染的程度的不均等。他们普遍发现，有色人种、社会经济地位较低的人群暴露于环境污染的程度更高。^④在国内文献中，当前学者们主要关注地区之间的环境不平等，即地区之间环境污染排放的不均等。例如，陆宇嘉发现，中国不同省份、区域之间的环境污染不平等状况非常明显，其中工业固体废弃物排放不平等程度最高，工业废气次之，工业废水最低。^⑤班斓等发现中国北部、中部地区环境污染严重，西北与东南地区较轻，黄河中游最严重。^⑥赵雪雁等探究了环保事件的空间分布，发现中国环保事件的频次呈现出“东-中-西”洼地型格局。^⑦此外，一些学者重点关注了中国各省之间的碳排放不平等现象。^⑧尽管中国地区间的环境不平等已经得到一定的讨论，但企业间的环境不平等很少被关注。

为此，本文着眼于企业之间的环境不平等，主要使用中国工业企业数据库和中国工业企业污染数据库的匹配数据，对不平等程度进行测度和分解，捕捉企业间环境不平等的特征事实、来源和机制。首先，我们使用基尼系数测度企业间环境不平等，并用分位数、泰尔指数作为补充检验，发现中国工业企业间环境不平等程度非常严重。并且，工业企业数据和上市公司数据均显示，环境不平等程度在 2004-2020 年间居高不下。接着，我们对比了企业间不平等和地区间不平等。我们发现城市内部企业之间污染的基尼系数明显大于城市间基尼系数，说明环境不平等主要存在于同一城市内部不同企业之间，其次才是不同城市之间。此外，

① He G., Wang S., Zhang B., “Watering down environmental regulation in China”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.135, No.4, 2020, pp. 2135-2185.

② Tanaka S., “Environmental regulations on air pollution in China and their impact on infant mortality”, *Journal of health economics*, Vol.42, 2015, pp.90-103; He G., Fan M., Zhou M., “The effect of air pollution on mortality in China: Evidence from the 2008 Beijing Olympic Games”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.79, 2016, pp.18-39; Xue T., Zhu T., Zheng Y., Zhang Q., “Declines in Mental Health Associated with Air Pollution and Temperature Variability in China”, *Nature Communications*, Vol.10, No.1, 2019, pp.1-8; Zheng S., Wang J., Sun C., et al. “Air Pollution Lowers Chinese Urbanites’ Expressed Happiness on Social Media”. *Nature Human Behavior*, Vol.3, No.3, 2019, pp.237-243.

③ Brulle, R. J., Pellow, D. N., “Environmental justice: human health and environmental inequalities”, *Annu. Rev. Public Health*, Vol.27, 2006, pp.103-124

④ Evans, G. W., Kantrowitz, E., “Socioeconomic status and health: the potential role of environmental risk exposure”, *Annual review of public health*, Vol. 23, No.1, pp.303-331. Crowder, K., Downey, L., “Interneighborhood migration, race, and environmental hazards: Modeling microlevel processes of environmental inequality”, *American journal of sociology*, Vol.115, No.4, 2010, pp.1110-1149; Bell, M. L., Ebisu, K., “Environmental inequality in exposures to airborne particulate matter components in the United States”, *Environmental health perspectives*, Vol.120, No.12, 2012, pp.1699-1704.

⑤ 陆宇嘉：《中国地区环境不平等及其影响机理研究》，重庆大学，2014 年。

⑥ 班斓、袁晓玲、贺斌：《中国环境污染的区域差异与减排路径》，《西安交通大学学报（社会科学版）》2018 年第 3 期。

⑦ 赵雪雁、王蓉、王晓琪等：《基于多尺度的中国环境污染事件时空分布及其影响因素》，《地理科学》2019 年第 9 期。

⑧ 杨俊、王佳、张宗益：《中国省际碳排放差异与碳减排目标实现——基于碳洛伦兹曲线的分析》，《环境科学学报》2012 年第 8 期；郑佳佳：《区际 CO2 排放不平等性及与收入差距的关系研究——基于中国省际数据的分析》，《科学学研究》2014 年第 2 期。

异质性分析发现，中西部地区、轻污染行业、私营企业的企业间环境不平等程度偏高。

在把握企业间环境不平等的特征事实的基础上，我们运用基于回归方程的夏普里值分解方法，探究企业间环境不平等的来源。分解结果显示，造成企业间环境不平等的主要因素是企业能源资源用量、企业固有特征和企业规模，而地区因素对企业间环境不平等的贡献较小。这一结果表明，企业间环境不平等主要来源于企业特征的异质性而非地区异质性。最后，我们对能源资源用量、企业规模这两个因素进行进一步的机制分析。我们发现，能源资源使用造成的环境后果，并非由“先赋”的行业类型决定，而是受到企业自身资源集约程度的影响，能被企业自身的努力所改变；大企业的排污强度低于小企业，原因并不是企业的个体特征差异或者说禀赋差异，而更可能是地方政府“抓大放小”的规模歧视。

相对于现有研究，本文的贡献主要体现在以下三个方面。第一，本研究将着眼点放在企业层面，对企业之间的环境不平等进行了测度。正如上文所提到的，以往的研究往往关注地区间的环境不平等。当然，有部分研究关注到企业间污染排放的差异，例如 He 等分析了不同所有制和规模的企业所承担的减排任务差异^①、Wang 和 Jin 发现集体企业的环保表现更好^②，但他们并未对全国企业间的不平等进行总体测度。我们的测度结果显示，中国企业间环境不平等程度明显大于地区间环境不平等程度，环境不平等更多存在于同一城市内部不同企业之间，而非不同城市之间。这说明在测度地区间环境不平等的文献基础上，关注企业间环境不平等是很有必要的。

第二，本文对企业间环境不平等的来源进行了解，捕捉造成排污差异的企业特征因素。现有研究通常发现地区经济水平、产业结构等是造成地区间环境不平等的主要因素^③。而我们的分解结果显示，对企业间环境不平等起到主要贡献的是企业层面的因素，包括企业能源资源用量、企业固有特征和企业规模，而城市经济水平等地区因素则贡献较小，即企业间环境不平等更多是来自企业特征的异质性而不是地区异质性。因此，有别于地区间环境不平等的研究，本文对企业间环境不平等的分析，有助于深化我们对污染差异成因的认识。

第三，在机制方面，我们探究了污染排放的规模歧视问题。以往研究提到，在面临环境规制时，大企业的排污量或排污强度有更明显的下降^④，也据此提到了地方政府存在“抓大放小”的行为^⑤，但未对这一现象进行更加深入的讨论。针对大企业排污强度更低的现象，我们区分了两种可能的原因：一是大企业的生产经营能力和能源利用能力更强，禀赋差异造成了排污差异；二是确实存在“抓大放小”的规模歧视。运用 Oaxaca-blinder 分解法分解禀赋因素和歧视因素，结果显示排污差异全部是由规模歧视导致的。这一发现为地方政府区别对待不同企业的行为提供了补充证据。

本文的其他部分安排如下。第一部分是研究设计，介绍企业间环境不平等的概念、测度方法、分解方法和数据来源；第二部分是企业间环境不平等的特征事实，描述了工业企业污染排放情况、企业间环境不平等程度及其趋势、企业间不平等和地区间不平等的对比以及不平等程度的异质性；第三部分是企业间环境不平等的来源分解，使用基于回归方程的夏普里值分解法识别造成企业间环境不平等的因素，并做进一步的机制分析；最后是结论和政策建议。

二、研究设计

① He G., Wang S., Zhang B., “Watering down environmental regulation in China”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.135, No.4, 2020, pp. 2135-2185.

② Wang H., Jin Y., “Industrial Ownership and Environmental Performance: Evidence from China”, *Environmental and Resource Economics*, Vol.36, No.3, 2007, pp. 255-273.

③ 例如陆宇嘉：《中国地区工业废气排放不平等成因的 Shapley 值分析》，《生态经济》2018 年第 34 期。

④ 陈诗一、张建鹏、刘朝良：《环境规制、融资约束与企业污染减排——来自排污费标准调整的证据》，《金融研究》2021 年第 9 期。

⑤ He G., Wang S., Zhang B., “Watering down environmental regulation in China”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.135, No.4, 2020, pp. 2135-2185.

（一）企业间环境不平等的测度方法

现有文献中，环境不平等普遍指的是环境污染排放的不均等。^①与之相似，本文的环境不平等，是指企业间污染排放的不均等。基尼系数是人们考察不平等状况时使用最广泛的指标，因而我们主要使用基尼系数来度量企业间的环境不平等。

借鉴基尼系数度量收入不平等的思路，我们用如下方式测度企业间环境不平等。由于不同企业之间的产值有重大差异，产值越大，污染排放量自然越大，因此我们应该对比的是每单位产值下的污染排放量。首先用企业的污染排放量除以该企业的工业总产值，得到企业单位产值下的污染排放量，即污染排放强度。接着，将污染排放强度从小到大排序，按照企业产值占有所有企业总产值的比重、企业污染占有所有企业总污染的比重计算企业污染排放的基尼系数。计算公式是：

$$I_{Gini_pollution} = \sum_{i=1}^N O_i EP_i + 2 \sum_{i=1}^{N-1} EP_i (1 - \sum_{k=1}^i EP_k) - 1 \quad (1)$$

其中， O_i 指第*i*个企业的产值占总产值的比重， EP_i 指第*i*个企业的污染排放量占总排放量的比重。

为了验证不平等测度结果的稳健性，我们也观察企业污染排放强度的分位数情况，并采用泰尔指数测算环境不平等。泰尔指数是一种普通熵指数（Generalized Entropy），当普通熵标准的指数取值为0时即为泰尔指数，也就是平均对数离差。^②当分配完全均等时，泰尔指数为0；分配越不均等，则泰尔指数越大。相比于基尼系数，泰尔指数对底层的变化更为敏感。

（二）企业间环境不平等的分解方法

在对企业间环境不平等程度进行测度和描述性统计的基础上，我们希望探究造成企业间环境不平等的原因。例如，环境不平等多大程度上来自于大企业和小企业的差异、多大程度上来自于国企和非国企的差异？又或者，环境不平等的主因并非企业层面特征的差异，而是地区经济水平、产业结构、环境规制程度的差异？为了得到每一种影响因素的贡献程度，我们采用基于回归方程的分解方法。相较于传统的子群分解方法，这种分解方法能够把影响不平等的各因素同时包括进来，对各影响因素的贡献进行识别和量化。

基于回归方程的不平等分解方法由 Fields 和 Yoo、Morduch 和 Sicular 提出。^③为了弥补上述方法在回归方程形式、不平等指标等方面的限制，Wan（万广华）的一系列文章提出了将回归方程和夏普里值分解原理结合在一起的方法。^④其中，回归方程建立起目标变量和影响因素的数量关系，夏普里值分解原理则基于 Shorrocks 提出的夏普里（Shapley）方法^⑤，把目标变量的不平等分解为影响因素的贡献。这种方法的优势在于，第一，我们能够同时加入各个影响不平等的变量，因而在识别每一种因素的贡献时，能够控制其他因素的影响；第二，它对回归方程形式和不平等指标没有限制，适用于非线性方程估计和基尼系数的分解。因此，我们将采用这种方法分解企业间环境不平等的基尼系数。

基本思路是，首先估算以企业污染排放为因变量的回归方程。接着，将某一个自变量 X

① 杨俊、王佳、张宗益：《中国省际碳排放差异与碳减排目标实现——基于碳洛伦兹曲线的分析》，《环境科学学报》2012年第8期；陆宇嘉：《中国地区环境不平等及其影响机理研究》，重庆大学，2014年；张亚丽、项本武：《中国排污权交易机制引起了环境不平等吗？——基于PSM-DID方法的研究》，《中国地质大学学报（社会科学版）》2022年第3期。

② 泰尔指数由 Theil 在 1967 年提出，最初是利用信息理论的熵概念来计算收入不平等，而后被广泛用于不平等研究。文献来源：Theil H., *Economics and Information Theory*, Amsterdam: North-Holland. Publishing Co, 1967.

③ Fields G., Yoo G., "Falling Labour Income Inequality in Korea's Economic Growth: Patterns and Underlying Causes", *Review of Income and Wealth*, Vol.46, No.2, 2000, pp.139-159; Morduch J., Sicular T., "Rethinking Inequality Decomposition with Evidence from Rural China", *Economic Journal*, Vol.112, No.476, 2002, pp.93-106.

④ Wan G., "Regression-based Inequality Decomposition: Pitfalls and A Solution Procedure", WID-ER Discussion Paper, 2002; Wan G., "Accounting for Income Inequality in Rural China", *Journal of Comparative Economics*, Vol.32, No.2, 2004, pp.348—363; 万广华：《解释中国农村地区间的收入不平等：一种基于回归方程的分解方法》，《经济研究》2004年第8期。

⑤ Shorrocks A., F., *Decomposition Procedures for Distributional Analysis: A Unified Framework Based on the Shapley Value*. Department of Economics, University of Essex, 1999.

取样本均值，将 X 的均值和其他变量的实际值一起代入污染方程，推算出污染的预测值，并计算对应于这一预测值的不平等指数。由于 X 取均值代表着所有企业间该因素完全均等，所以由此计算出来的该指数不再包含 X 的影响。该指数与真实数据计算出的不平等指数的差衡量了 X 对不平等的贡献。此外，回归方程预测值的不平等指数与实际值不平等指数的差则衡量了残差的贡献。

1. 回归方程

第一步，我们需要估算企业污染排放的回归方程。根据大多数文献的观点，环境污染会受到地区经济水平、产业结构和环境规制的影响。^①同时，在企业层面上，一个企业的污染排放可能受到企业的规模、能源资源使用情况、资产负债率等因素的影响。因此，回归方程设定如下：

$$\ln Pollution_{ipct} = \beta_0 + \beta_1 Size_{it} + \beta_2 Resource_{it} + \beta_3 Leverage_{it} + \beta_4 Age_{it} + \beta_5 ROA_{it} + \beta_6 Pro_{it} + \beta_7 PerGDP_{ct} + \beta_8 Second_{ct} + \beta_9 Regulation_{pt} + \eta_i + \eta_t + \varepsilon_{ipct} \quad (2)$$

其中，下标 i 表示企业， p 表示省份， c 表示城市， t 表示年份。被解释变量 $\ln Pollution_{ipct}$ 为企业 i 在年份 t 的污染排放强度对数。解释变量包括企业规模 $Size_{it}$ 、企业能源资源用量 $Resource_{it}$ 、企业资产负债率 $Leverage_{it}$ 、企业年龄 Age_{it} 、企业盈利能力 ROA_{it} 、企业所有制 Pro_{it} 、城市经济水平 $PerGDP_{ct}$ 、城市产业结构 $Second_{ct}$ 、环境规制强度 $Regulation_{pt}$ 。 η_i 为企业虚拟变量，用于控制企业固定效应； η_t 为年份虚拟变量，用于控制年份固定效应； ε_{ipct} 为随机扰动项。模型系数估计的标准误为聚类到企业层面的稳健标准误。

变量定义如下。被解释变量是企业的污染排放强度对数，污染排放强度的计算方式为该企业的污染排放量除以工业总产值。污染排放指标包括工业废水和工业废气的排放量。解释变量包括企业层面和地区层面的特征。企业层面特征包括：企业规模，用企业总资产的对数衡量；企业能源资源用量，当因变量为水污染时，用工业用水量的对数衡量；当因变量为空气污染时，用工业煤炭消费量的对数衡量；企业资产负债率，用总负债和总资产的比值计算；企业年龄，用样本年减去企业成立年份，并取对数；企业盈利能力，用总资产收益率 ROA 衡量；企业所有制，根据企业的注册类型识别是否国企。地区层面特征包括：企业所在城市的经济水平，用人均 GDP 的对数衡量；城市产业结构，用第二产业占地区生产总值的比重衡量；环境规制强度，用该省份的工业污染治理完成投资额占第二产业增加值的比重衡量。

2. 夏普里值分解

第二步，我们根据估计出来的回归方程，对企业间污染排放的不平等指数进行分解。先是分解回归方程的贡献和残差的贡献。基于估计出来的回归方程，我们得到因变量企业污染排放强度对数的预测值 $\ln Y_{predict}$ ，并取回指数得到污染排放强度预测值 $Y_{predict}$ 。根据该预测值，我们计算得到估计的不平等指数 $I(Y_{predict})$ 。在此前，我们已经计算出实际值对应的不平等指数 $I(Y)$ 。我们可以实际值的不平等指数和用估计值得到的不平等指数之差计算残差的贡献值 $I(Y) - I(Y_{predict})$ ，贡献率则是 $[I(Y) - I(Y_{predict})] / I(Y)$ 。相应地，回归方程的对于整体不平等的贡献值 $I(Y_{predict})$ ，贡献率是 $I(Y_{predict}) / I(Y)$ 。

接着，我们的重点是分解每一个自变量对于不平等的贡献。^②按照夏普里值分解的思想，

① 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；王敏、黄滢：《中国的环境污染与经济增长》，《经济学（季刊）》，2015年第2期；陈诗一、张建鹏、刘朝良：《环境规制、融资约束与企业污染减排——来自排污费标准调整的证据》，《金融研究》2021年第9期。

② 用于分解的回归方程中还包括固定效应。由于不平等指数计算是分年度的，因此年份固定效应对分解没有影响。企业固定效应的贡献则需要计算。由于每个自变量对不平等的贡献的计算包含多个轮次，每增加一个自变量，计算的轮次将几何式增长，一般将自变量控制在10个以内。企业固定效应相当于数万个企业虚拟变量，如果将企业固定效应纳入计算轮次，则运算量过大，无法得出结果。因此我们进行了简化。从回归方程中得到包含固定效应的污染排放强度预测值 $Y_{predict}$ 和不包含固定效应的预测值 $Y_{predict-nofix}$ ，并分别得出相应的不平等指数 $I(Y_{predict})$ 和 $I(Y_{predict-nofix})$ 。固定效应的贡献值用 $I(Y_{predict}) - I(Y_{predict-nofix})$ 衡量。

计算某一个自变量对不平等的贡献的过程包含多个轮次。对于回归方程 $Y=f(X_1, X_2, \dots, X_k)$ ，设 Y_i 为自变量 X_i 取均值、其他自变量取实际值时的预测值， $I(Y_i)$ 为根据 Y_i 计算的不平等指数，其中 $i=1, 2, \dots, K$ 。第一轮中，对自变量 X_i 取样本均值、其他自变量取实际值，代入回归方程得到预测值 Y_i ，计算得到该预测值的不平等指数 $I(Y_i)$ 。本轮中 X_i 的贡献为 $I(Y) - I(Y_i)$ 。第二轮中，对 X_i 和另一个自变量 X_j 取样本均值，其他自变量取实际值，得到预测值 Y_{ij} 和不平等指数 $I(Y_{ij})$ ， X_i 的贡献为 $I(Y_j) - I(Y_{ij})$ 。第三轮中，对 X_i 和另外两个自变量 X_j 、 X_k 取样本均值，得到预测值 Y_{ijk} 和不平等指数 $I(Y_{ijk})$ ， X_i 的贡献为 $I(Y_{jk}) - I(Y_{ijk})$ 。依此类推，直到所有轮次计算完毕， X_i 的贡献为所有轮次贡献的加权平均。一个影响因素对不平等的贡献取决于该因素与因变量的相关程度以及该因素自身的分布不平等程度。

（三）数据

本文主要使用的数据为工业企业污染数据库、中国工业企业数据库的匹配数据。工业企业污染数据库由环保部收集管理，提供了中国工业企业的污染排放数据。污染的指标包括水污染指标工业废水、化学需氧量、氨氮的排放量，以及空气污染指标工业废气、二氧化硫、工业烟尘、工业粉尘、氮氧化物的排放量。中国工业企业数据库则提供了企业的基本特征和财务指标，包括注册类型、资产、负债、利润额等。我们根据企业的法人代码和企业名称将两个数据库的样本匹配起来，并进行了基本处理，包括剔除总资产等关键指标缺失或为 0 的、流动资产小于总资产的、固定资产小于总资产的、职工人数小于 10 人的观测值。另外，为了排除极端值的影响，对企业层面的连续型变量进行上下 1% 的缩尾处理。由于工业企业数据的可得性原因，样本区间是 2004-2012 年。^①为了获知近年来的企业间环境不平等情况，我们还使用国泰安数据库 2016-2020 年的上市公司数据作为补充。除了企业数据外，在回归分析中我们使用了地区指标，其中城市 GDP、人口、产业结构数据来自《中国城市统计年鉴》，环境规制强度计算所用的工业污染治理完成投资额和第二产业增加值数据来自国家统计局。

三、企业间环境不平等的特征事实

（一）企业污染排放情况

在探究企业间污染排放的不平等程度之前，我们先总体了解企业的污染排放情况。表 1 展示了 2004-2012 年间工业企业污染的排放量和排放强度，排放强度即单位产值下的排放量。排放量和排放强度的数值较大，以工业废水为例，工业废水排放量的均值为 282694 吨，排放强度均值为 95.181 吨/万元，说明污染的程度较为严重。

我们也可以从排放量和排放强度的分布初步把握企业间环境不平等的情况。表 1 中可以看到各项污染指标的标准差是相当大的，特别是排放强度指标。排放强度的标准差是均值的 10 倍以上，其中氨氮、工业废气、二氧化硫的标准差达到了均值的 20 倍以上。尽管我们通过排放量除以产值的方式去隔绝产值差异带来的排放差异，但是，单位产值下污染的这一倍数反而高于污染绝对量的相应倍数。这一结果表明，中国工业企业间的污染排放强度存在相当大的差异。

表 1 工业企业污染排放描述性统计

类别	变量	单位	样本量	均值	标准差	标准差是均值的倍数	最小值	最大值

^① 由于工业企业数据库 2010 年数据质量较差，我们剔除了 2010 年的数据。此外，在 2004、2005 和 2012 年，部分污染物排放数据存在缺失，详见表 3。

排放量	工业废水排放量	吨	134,911	282694	710979.6	2.515	0	4510400
	化学需氧量排放量	千克	131,437	48467.12	144745.6	2.986	0	964600
	氨氮排放量	千克	102,532	4421.479	17746.18	4.014	0	144423
	工业废气排放量	万标立方米	120,268	37410.55	130160	3.479	0	942656
	二氧化硫排放量	千克	142,324	158052.2	507957.9	3.214	0	3750100
	工业烟（粉）尘排放量	千克	76,655	178093.6	528664.6	2.968	0	3372263
	氮氧化物排放量	千克	104,400	104528.2	389371.5	3.725	0	2930717
排放强度	工业废水排放强度	吨/万元	134,786	95.181	1440.525	15.135	0	112760
	化学需氧量排放强度	千克/万元	131,324	19.749	284.555	14.409	0	24115
	氨氮排放强度	千克/万元	102,453	1.324	33.524	25.320	0	3610.575
	工业废气排放强度	万标立方米/万元	120,169	10.047	246.190	24.504	0	23566.400
	二氧化硫排放强度	千克/万元	142,211	49.490	1048.046	21.177	0	93752.500
	工业烟（粉）尘排放强度	千克/万元	76,601	63.831	933.732	14.628	0	84306.580
	氮氧化物排放强度	千克/万元	104,304	13.486	185.150	13.729	0	28463.250

表 2 进一步展示了各污染物排放强度的分位数。可以看到各污染物排放强度的取值跨度很大，10%分位数均小于 1，而 90%分位数则达到 10%分位数的数百倍甚至一千倍。可见不同企业排污强度的差异非常大。

表 2 工业企业污染排放强度分位数

分位数	1%	10%	25%	50%	75%	90%	99%
工业废水排放强度	0	0.1233333	1.375	8.13882	38.46154	136.9863	865.3846
化学需氧量排放强度	0	0.0021403	0.1015486	0.84	5.153988	23.18205	271.7
氨氮排放强度	0	0	0	0.024	0.2600954	1.274312	15.69406
工业废气排放强度	0.0060226	0.0639462	0.2076923	0.7528463	3.014729	13.86014	67.15777
二氧化硫排放强度	0.0000174	0.3629005	1.496726	5.670813	19.82669	57.89717	416
工业烟（粉）尘排放强度	0	0.1039519	0.5433334	2.576	12.3037	58.79365	1056
氮氧化物排放强度	0	0.1035714	0.49	2.063021	7.5	25.4717	136.6091

（二）企业间环境不平等程度

我们接下来对企业间的环境不平等程度进行测度。表 3 展示了 2004-2012 年间全国工业企业各污染物排放的基尼系数。可以发现，企业间的排污不平等程度非常严重。2004-2012 年间，不同的污染指标下，企业间污染排放的基尼系数均达到 0.7 以上，其中化学需氧量、氨氮、工业烟（粉）尘的基尼系数甚至超过了 0.8。一般认为，基尼系数小于 0.2 时，分配过

于平均，0.2-0.3 之间时较为平均，0.3-0.4 之间时比较合理，0.4-0.5 时差距过大，大于 0.5 时差距悬殊。企业间污染排放的基尼系数超过 0.7，意味着不同企业间污染排放强度的差异是悬殊的。这一结果与我们在表 1、表 2 观察到的污染的分布情况相符合。

分年度来看，2004-2012 年间企业环境不平等程度一直居高不下，总体随着年份推进呈先轻微下降后轻微上升的倒 U 型趋势。倒 U 曲线的最低点出现在 2009-2011 年，不平等程度在 2012 年普遍上升。从样本初年和样本末年的对比来看，工业废水、化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物在样本末年的基尼系数值稍高于样本初年，说明对于大多数污染物而言，企业间的排放不平等程度是恶化了的。

表 3 全国工业企业污染排放基尼系数

	水污染基尼系数			空气污染基尼系数			
	工业废水	化学需氧量	氨氮	工业废气	二氧化硫	工业烟(粉)尘	氮氧化物
2004	0.7501	0.8362	0.8425	0.7668	0.7607	-	-
2005	0.7583	0.8434	0.8400	0.7629	0.7609	0.8488	-
2006	0.7708	0.8436	0.8396	0.7595	0.7337	0.8235	0.7368
2007	0.7749	0.8413	0.8416	0.7598	0.7145	0.7912	0.7264
2008	0.7639	0.8356	0.8426	0.7543	0.7183	0.7826	0.7288
2009	0.7698	0.8366	0.8380	0.7538	0.7180	0.7894	0.7247
2011	0.7435	0.8156	0.8143	0.7075	0.7022	0.7535	0.7807
2012	0.7731	0.8389	0.8532	-	0.7654	0.8156	0.8293
平均	0.7644	0.8365	0.8405	0.7522	0.7336	0.8039	0.7569

为了验证不平等测度的稳健性，我们同样计算了企业环境污染的泰尔指数，如表 4 所示。当每个产值下的污染排放量相同，都等于均值，则泰尔指数为 0；泰尔指数越大，表明不平等程度越严重。

表 4 的结果显示所有年份企业污染排放的泰尔指数均超过 1，且这一不平等情形并未随着年份减弱。一般而言，文献中计算的不平等指数通常不超过 1，例如陆宇嘉计算的 2011 年省份间工业废气排放强度泰尔指数为 0.203^①，而本文 2011 年企业间的该值为 1.309。这表明，用泰尔指数计算出来的结果同样显示企业间环境不平等的程度是非常严重的。泰尔指数的分年度趋势也和基尼系数有相似性，在 2011 年之前，泰尔指数总体呈下降趋势，在 2012 年则出现了反弹。

表 4 全国工业企业污染排放泰尔指数

	水污染泰尔指数			空气污染泰尔指数			
	工业废水	化学需氧量	氨氮	工业废气	二氧化硫	工业烟(粉)尘	氮氧化物
2004	1.4231	2.0201	2.0443	1.4366	1.5030	-	-
2005	1.5118	2.1245	2.0871	1.5114	1.5474	2.2993	-

① 陆宇嘉：《中国地区工业废气排放不平等成因的 Shapley 值分析》，《生态经济》2018 年第 34 期。

2006	1.5146	2.0819	1.9955	1.3427	1.3760	2.1800	1.3544
2007	1.5403	2.0885	2.0277	1.3477	1.2809	1.9487	1.2850
2008	1.4957	2.0665	2.0468	1.3488	1.3044	1.8990	1.3094
2009	1.5064	2.0998	1.9816	1.3369	1.3056	1.9698	1.2608
2011	1.3976	1.9743	1.8772	1.3094	1.3025	1.6372	1.5355
2012	1.4359	1.9659	1.9549	-	1.2746	1.6467	1.5391
平均	1.4714	2.0396	1.9831	1.3680	1.3498	1.8484	1.3979

由于工业企业数据的可得性限制，表 3 和表 4 样本年份是 2004-2012 年。为了了解近年来的企业间环境不平等情况，我们使用 2016-2020 年上市公司污染排放数据来计算不平等程度，作为对前文结果的补充。上市公司数据来自国泰安数据库。^①由于国泰安数据库没有提供企业的工业总产值数据，我们用营业总收入替代产值，根据单位收入下的排放量计算企业间污染排放的基尼系数。为排除极端值的影响，我们对排污量和营业总收入变量进行了上下 1% 的缩尾处理。上市公司数据计算结果如表 5 所示。

表 5 显示，2016-2020 年的企业间环境不平等程度仍然非常严重。水污染的基尼系数均值甚至达到了 0.9 以上。空气污染的基尼系数与 2004-2012 年相似，均值为 0.7 以上。这一方面说明近年来企业间环境不平等程度并未改善，一直居高不下；另一方面也增强了我们对工业企业数据计算结果可靠性的信心。

表 5 2016-2020 年上市公司污染排放基尼系数

	水污染基尼系数		空气污染基尼系数	
	化学需氧量	氨氮	二氧化硫	氮氧化物
2016	0.8508	0.8523	0.6459	0.6636
2017	0.9377	0.9287	0.6284	0.6468
2018	0.9236	0.9335	0.7365	0.7422
2019	0.9126	0.9318	0.7554	0.7809
2020	0.9241	0.9269	0.6830	0.6794
平均	0.9153	0.9232	0.7009	0.7168

（三）企业间不平等与地区间不平等对比

我们需要讨论的一个问题是，为什么要测度企业间的环境不平等？已有研究已经关注了地区间的环境不平等，地区的工业污染本就是由企业排放。那么地区间环境不平等和企业间环境不平等有什么差别？

在前面，我们计算的是全国所有工业企业的差异，这种差异包含两个方面，一是不同地区之间的企业的差异，二是同一地区内部的企业间的差异。我们希望探究，企业间如此悬殊的污染不平等，究竟反映的是不同地区之间的差异，还是地区内部企业的差异？我们先按照企业所在省份将样本分为东部、中部和西部三个区域，分别估算每个区域内部的基尼系数，探讨三大区域之间是否存在差异。从表 6 第 4-6 行可见，三大区域的污染基尼系数都是巨大

^① 需要说明的是，上市公司的污染排放数据样本量较小。以化学需氧量排放量为例，2019 年的样本量为 315。因此，上市公司数据的计算结果只作为补充。本文其他部分使用总样本量超过 10 万的工业企业数据进行分析。

的，均在 0.7 以上，与全国数值的差异非常微小。这说明，三大区域之间的不平等程度差异不大，而区域内部的企业间差异很大。这初步说明，企业间环境不平等更多体现的是区域内部差异。当然，三大区域之间的基尼系数数值也有微弱的差异，其中西部地区的水污染基尼系数最大，中部地区的空气污染基尼系数普遍较大。

由于区域内部各城市之间在发展水平等各方面存在较大差异，并且城市一级的污染会受到地方政府管制的影响，接下来我们将地区指标细化到城市，区分城市间不平等和城市内部企业间的不平等。如果环境不平等更多存在于不同城市之间，那么城市之间的不均衡更需要引起我们的注意；如果环境不平等更多存在于同一行政单位内部的企业之间，我们则更需要关注不同企业的污染分配问题，以期得到地方政府如何促进企业公平的启发。

我们在每一个城市内部计算企业污染排放的基尼系数，并将其与城市间的基尼系数对比。表 6 第 7 行展示了在每一个城市内部计算的企业间污染排放的基尼系数均值，基尼系数数值在 0.7 左右，表明城市内部不同企业间的污染排放差异仍然是悬殊的。这些数值仅稍低于全国企业间基尼系数数值。

第 8 行是展示了利用《中国城市统计年鉴》中污染指标计算的基尼系数。为了保证城市数据和企业数据的可比性，我们把城市样本限定在 2004-2012 年。《中国城市统计年鉴》中的污染排放指标包括工业废水、工业二氧化硫和工业烟（粉）尘^①的排放量。与企业间基尼系数的计算方式相似，我们把城市污染排放强度作为排序变量。污染排放强度的计算方式是该城市的污染排放量除以地区生产总值。城市间污染排放的基尼系数在 0.5 左右。^②

对比可见，尽管城市间污染排放也存在差距，但城市内部企业间环境不平等程度明显大于城市间环境不平等程度。这说明，中国污染排放的不平等更多存在于同一城市内部不同企业之间，其次才是存在于不同城市之间。这也意味着，中国企业环境不平等的主要因素不是地区差异问题，而是政策实施问题。

表 6 不同维度基尼系数对比

	水污染基尼系数			空气污染基尼系数			
	工业废水	化学需氧量	氨氮	工业废气	二氧化硫	工业烟（粉）尘	氮氧化物
全国企业间基尼系数	0.7644	0.8365	0.8405	0.7522	0.7336	0.8039	0.7569
东部企业间基尼系数	0.7678	0.8158	0.8261	0.7499	0.7073	0.7856	0.7465
中部企业间基尼系数	0.7506	0.8237	0.8310	0.7487	0.7431	0.8077	0.7640
西部企业间基尼系数	0.7693	0.8667	0.8562	0.7334	0.7448	0.7894	0.7637
城市内部企业间基尼系数（各城市均值）	0.7059	0.7669	0.7477	0.6968	0.6730	0.7197	0.6918
城市间基尼系数	0.4020	-	-	-	0.4636	0.5682	-

（四）企业间环境不平等的异质性

为进一步探究企业间环境不平等的异质性，我们分行业、企业类型计算该分组内部企业间污染排放的基尼系数。在行业方面，我们将行业划分为重污染行业和轻污染行业。参照 Cai

^① 2011 年之前，《中国城市统计年鉴》中提供的是工业烟尘指标，2011 年及之后提供的是工业烟尘+工业粉尘总量指标。由于这一统计口径的改变是作用于所有城市的，所以应该不会对城市间不平等的计算产生严重影响。为了排除统计口径改变的可能影响，我们也尝试将样本局限在 2011 年之前，计算出来的城市间工业烟尘基尼系数数值是 0.5304，与 2004-2012 年数值 0.5682 差异不大。

^② 为了节省篇幅，以上分析仅展示用最广泛认可的基尼系数衡量环境不平等的情况，并且由于基尼系数在年度间变动不大，只展示 2004-2012 年间的均值。我们也对泰尔指数进行了分区域、分城市计算，结论与基尼系数相似。

等的识别方式^①，我们将 2010 年第一次全国污染源普查公报中工业源污染中提到的排位靠前的行业划分为重污染行业，其他行业为轻污染行业。从表 7 第 3-4 行可见，水污染方面，重污染行业和轻污染行业的环境不平等程度相差不大；空气污染方面，轻污染行业的空气污染不平等程度普遍稍高于重污染行业。

在企业类型方面，我们按照企业登记注册类型识别企业的产权性质，并在每一种企业内部计算基尼系数。表 7 第 5-8 行显示，四种类型企业中，民营企业内部各污染指标的基尼系数均最大，表明民营企业之间的环境不平等程度最高。相较而言，国有企业内部的基尼系数普遍相对较小，即国有企业之间污染排放相对较为均等。

表 7 企业间污染排放基尼系数异质性

	水污染基尼系数			空气污染基尼系数			
	工业废水	化学需氧量	氨氮	工业废气	二氧化硫	工业烟（粉）尘	氮氧化物
重污染行业	0.7560	0.8300	0.8307	0.7332	0.7172	0.7891	0.7433
轻污染行业	0.7647	0.8193	0.8493	0.7992	0.7797	0.8568	0.7832
国有企业	0.6979	0.7927	0.8012	0.7295	0.7305	0.7799	0.7169
民营企业	0.8105	0.8611	0.8576	0.7953	0.7427	0.8300	0.7838
外资企业	0.7387	0.8048	0.8239	0.7355	0.7264	0.7931	0.7524
其他企业	0.7435	0.8217	0.8279	0.7353	0.7178	0.7652	0.7525

四、企业间环境不平等的根源：基于回归方程的分解

为剖析企业间环境不平等的来源，我们根据式（2）估计企业污染排放的回归方程，在此基础上进行夏普里值分解，计算各变量对于环境不平等的贡献。由于水污染不同指标、空气污染不同指标的分解结果相似，我们仅展示工业废水和工业废气不平等指数的分解结果。

（一）回归方程：哪些企业排放了更高污染

第一步是估计企业污染排放的回归方程。回归方程估计结果一方面给了我们各因素如何影响企业污染排放的直观展示，便于我们理解哪些企业排放了更高强度的污染；另一方面为企业间环境不平等的分解奠定了基础。

表 8 展示了方程（2）的估计结果。以企业工业废水排放强度和工业废气排放强度为自变量、企业和地区层面特征为自变量的结果显示，企业和地区特征均对企业污染排放强度都有较为显著的影响。企业层面起到显著影响的变量包括企业规模、企业能源资源用量（工业用水量或工业煤炭消费量）、企业年龄和企业盈利能力 ROA。地区层面起到显著影响的变量包括第二产业比重和环境规制强度。

具体来看，在企业特征方面，企业规模、企业年龄、企业 ROA 在显著地降低了工业废水和废气排放强度，即规模越大、年龄越大、以及盈利能力越高的企业的污染排放强度越低。这里需要注意的是，污染排放强度和污染排放绝对量是两个不同的概念，污染排放强度指的是每单位产值下的污染排放量。当我们以污染排放绝对量的对数为因变量进行回归时，能够发现以上因素对企业污染排放绝对量产生了显著的正向影响，即规模越大、年龄越大、以及盈利能力越高的企业的污染排放量更大。这些企业的污染排放量更大、但污染排放强度更低，

^① Cai H., Chen Y., Gong Q., “Polluting thy neighbor: Unintended consequences of China’s pollution reduction mandates”, *Journal of Environmental Economics and Management*, No.76, 2016, pp. 86-104.

表明这些企业相对来说排污效率更高,可能是采用了环境密集技术压缩了每单位产值下的排污量。此外,企业能源资源用量在1%的显著性水平上提高了污染排放强度,即能源资源用量越高,每单位产值所排放的污染越高。企业的资产负债率对污染排放强度有着不显著的负向影响。

在地区特征方面,城市第二产业比重显著地提高了该城市企业的污染排放强度,即该城市第二产业比重越高,企业污染排放强度越高。环境规制强度在在显著地降低了企业污染排放强度,即地区的环境规制是有成效的,一个省份在环境污染治理投资上投入程度越大,该省份企业的污染排放强度越低。

表 8 企业排放强度的回归方程估计结果

变量	(1) 工业废水排放强度	(2) 工业废气排放强度
企业规模	-0.207*** (0.013)	-0.169*** (0.012)
企业工业用水量	0.653*** (0.008)	
企业工业煤炭消费量		0.500*** (0.011)
企业资产负债率	-0.006 (0.027)	-0.008 (0.026)
企业年龄	-0.026* (0.014)	-0.032** (0.012)
企业 ROA	-0.206*** (0.039)	-0.234*** (0.042)
企业所有制	0.025 (0.039)	-0.009 (0.032)
城市人均 GDP 对数	0.031 (0.042)	-0.001 (0.042)
城市第二产业比重	0.004** (0.002)	0.006*** (0.002)
环境规制强度	-10.735*** (3.191)	-15.631*** (2.843)
常数项	-3.383*** (0.429)	-2.566*** (0.423)
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
样本量	101,230	83,927
R2	0.872	0.852

注:小括号内为聚类到企业层面的稳健标准误,*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著。

由表 8 的回归结果，我们得到用于不平等分解的回归方程：

$$\begin{aligned} \ln Pollution_wastewater = & -3.383 - 0.207Size + 0.653Resource - 0.006Leverage - \\ & 0.026Age - 0.206ROA + 0.025Pro + 0.031PerGDP + 0.004Second - 10.735Regulation + \\ & \eta_i + \eta_t \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \ln Pollution_gas = & -2.566 - 0.169Size + 0.500Resource - 0.008Leverage - 0.032Age - \\ & 0.234ROA - 0.009Pro - 0.001PerGDP + 0.006Second - 15.631Regulation + \eta_i + \eta_t \end{aligned} \quad (4)$$

由于基尼系数是针对排放强度的值而非对数进行计算，因此对式（3）、（4）取指数：

$$\begin{aligned} Pollution_wastewater = e^{(-3.383 - 0.207Size + 0.653Resource - 0.006Leverage - \\ 0.026Age - 0.206ROA + 0.025Pro + 0.031PerGDP + 0.004Second - 10.735Regulation + \\ \eta_i + \eta_t)} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ln Pollution_gas = e^{(-2.566 - 0.169Size + 0.500Resource - 0.008Leverage - \\ 0.032Age - 0.234ROA - 0.009Pro - 0.001PerGDP + 0.006Second - 15.631Regulation + \\ \eta_i + \eta_t)} \end{aligned} \quad (6)$$

根据万广华的文章，在指数形式下，常数项会变成乘数，不会对不平等指数产生影响；同时，由于分解过程是逐年分解的，所以年度虚拟变量也不会产生影响。^①因而，我们可将式（5）、（6）中的常数项和年份虚拟变量剔除，而不影响分解结果。

（二）夏普里值分解：哪些因素造成了企业间环境不平等

基于以上回归方程，我们对企业间环境不平等进行分解。表 9 和表 10 展示了企业工业废水排放和工业废气排放基尼系数的分解结果。在两个表格中，残差的贡献均在 5% 以下，最大值为 4.04%。在一些年份中，残差的贡献甚至为负，说明相应年份中残差中包含的因素弱化了环境不平等程度。这表明，我们的回归方程解释了绝大部分的环境不平等，并未遗漏造成环境不平等的重大因素，这增强了我们对于回归方程合理性的信心。

表 9 是企业工业废水排放基尼系数的分解结果。各因素中，对企业间工业废水排放基尼系数贡献率最大的因素是企业工业用水量，并且贡献率还呈现逐年增长的趋势，从 2004 年的 63.47% 增长到 2012 年的 77.33%，其分担的基尼系数数值从 2004 年的 0.4761 增长到 2012 年的 0.5978。对企业间工业废水排放基尼系数贡献率排名第二的因素是企业固定效应。企业固定效应的贡献随着年份大致呈现出降低趋势，从 2004 年的 23.12% 降低至 2012 年的 14.86%，其分担的基尼系数数值从 2004 年的 0.1734 增长到 2012 年的 0.1149。这一方面意味着企业不随时间变化的固有特征对污染排放不平等有一定的解释度，另一方面也意味着除了固定效应之外，回归方程中的其他自变量对废水排放不平等的贡献在 80% 左右，说明自变量对于环境不平等的解释力是相当强的。贡献率排名第三的因素是企业规模，其贡献率从 2004 年的 11.05% 波动到 2012 年的 8.41%，贡献数值从 2004 年的 0.0829 波动到 2012 年的 0.0650。以上三个自变量在不同年份中都排名前三，且内部排序一致。

其他自变量的贡献率排名在不同年份中有所调换。除了排名前三的企业工业用水量、企业固定效应、企业规模之外，其他自变量中，2004 年的贡献率排名依次是城市第二产业比重、企业年龄、省份环境规制强度、城市人均 GDP、企业 ROA、企业所有制、企业资产负债

^① 万广华，《解释中国农村区域间的收入不平等：一种基于回归方程的分解方法》，《经济研究》2004 年第 8 期。

债率。2012年的贡献率排名依次是城市第二产业比重、企业 ROA、企业年龄、城市人均 GDP、环境规制强度、企业所有制、企业资产负债率。

表 9 企业工业废水排放的基尼系数分解

变量	2004		2006		2008		2011		2012	
	贡献值	贡献率	贡献值	贡献率	贡献值	贡献率	贡献值	贡献率	贡献值	贡献率
企业规模	0.0829	11.05%	0.0758	9.83%	0.07462	9.77%	0.0691	9.30%	0.0650	8.41%
企业工业用水量	0.4761	63.47%	0.5008	64.97%	0.51844	67.87%	0.5315	71.48%	0.5978	77.33%
企业资产负债率	0.0001	0.01%	0.0001	0.01%	0.00006	0.01%	0.0001	0.01%	0.0001	0.01%
企业年龄	0.0039	0.53%	0.0036	0.47%	0.00296	0.39%	0.0024	0.32%	0.0023	0.29%
企业 ROA	0.0017	0.22%	0.0017	0.22%	0.00298	0.39%	0.0036	0.48%	0.0032	0.41%
企业所有制	0.0007	0.10%	0.0005	0.07%	0.00038	0.05%	0.0004	0.05%	0.0003	0.04%
城市人均 GDP	0.0028	0.38%	0.0025	0.33%	0.00238	0.31%	0.0021	0.28%	0.0017	0.22%
城市第二产业比重	0.0050	0.67%	0.0049	0.64%	0.00436	0.57%	0.0044	0.59%	0.0041	0.53%
环境规制强度	0.0035	0.46%	0.0046	0.60%	0.00325	0.42%	0.0016	0.22%	0.0011	0.14%
企业固定效应	0.1734	23.12%	0.1655	21.48%	0.14266	18.68%	0.1624	21.84%	0.1149	14.86%
残差	-0.0001	-0.01%	0.0106	1.38%	0.01177	1.54%	-0.0339	-4.56%	-0.0174	-2.24%
合计	0.7501	100%	0.7708	100%	0.76386	100%	0.7435	100%	0.7731	100%

注：为了节省篇幅，仅展示隔年的分解结果，下同。

表 10 是企业工业废气排放基尼系数的分解结果。各因素对工业废气排放基尼系数的贡献率排名和工业废水相似。排名前三的因素仍然是企业能源资源用量、企业固定效应和企业规模。对工业废气排放基尼系数贡献率最大的因素是企业工业煤炭消费量，其贡献率随着年份呈现出一定的增长，从 2004 年的 54.84% 增长到 2011 年的 62.15%，其分担的基尼系数数值从 2004 年的 0.4205 微弱增长到 2011 年的 0.4297。这些数值低于工业用水量对废水排放基尼系数的贡献。对工业废气排放基尼系数贡献率排名第二的因素同样是企业固定效应，其贡献率从 2004 年的 35.21% 波动至 2011 年的 46.00%，分担的基尼系数数值从 2004 年的 0.2641 波动至 2011 年的 0.3420。贡献率排名第三的因素同样是企业规模，其贡献率从 2004 年的 7.17% 波动至 2011 年的 6.69%，分担的基尼系数数值从 2004 年的 0.0549 波动至 2011 年的 0.0474。其他自变量的贡献率排名同样在不同年份中有所改变，2004 年的排名依次是城市第二产业比重、企业年龄、环境规制强度、企业 ROA、企业所有制、企业资产负债率、城市人均 GDP。2011 年的排名依次是城市第二产业比重、企业 ROA、企业年龄、环境规制强度、企业所有制、企业资产负债率、城市人均 GDP。

表 10 企业工业废气排放的基尼系数分解

变量	2004		2006		2008		2011	
	贡献值	贡献率	贡献值	贡献率	贡献值	贡献率	贡献值	贡献率
企业规模	0.0549	7.17%	0.0480	6.32%	0.0485	6.43%	0.0474	6.69%
企业工业煤炭消费量	0.4205	54.84%	0.4202	55.33%	0.4305	57.07%	0.4397	62.15%
企业资产负债率	0.0001	0.01%	0.0001	0.02%	0.0001	0.01%	0.0001	0.01%

企业年龄	0.0055	0.72%	0.0048	0.63%	0.0040	0.53%	0.0034	0.48%
企业 ROA	0.0018	0.24%	0.0018	0.24%	0.0036	0.48%	0.0044	0.63%
企业所有制	0.0004	0.05%	0.0003	0.04%	0.0002	0.03%	0.0001	0.02%
城市人均 GDP	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.01%	0.0000	0.00%
城市第二产业比重	0.0083	1.08%	0.0095	1.26%	0.0081	1.07%	0.0073	1.03%
环境规制强度	0.0051	0.66%	0.0066	0.87%	0.0036	0.47%	0.0024	0.33%
企业固定效应	0.2641	35.21%	0.2409	31.26%	0.2331	30.52%	0.3420	46.00%
残差	0.0002	0.02%	0.0311	4.04%	0.0257	3.37%	-0.1290	-17.35%
合计	0.7668	100%	0.7595	100%	0.7543	100%	0.7075	100%

总体而言,影响企业污染排放的各因素中,贡献率排名前三的因素都是企业层面的特征。企业能源资源用量对环境不平等的贡献最大,其次是企业固有特征和企业规模。它们解释了绝大部分的环境不平等。相较而言,地区特征对于企业间环境不平等的贡献率很小。由此可见,企业间的环境不平等更多是来源于企业间的异质性,而非城市间或者省份间的异质性。这与表 4 的分城市基尼系数计算结果相符合,进一步说明我们对于企业间环境不平等的分析是必要的。

当然,地区特征对企业间环境不平等也有一定的影响,城市第二产业比重的贡献率排名较为稳定地处第四位。在多数年份中,城市人均 GDP 的排名偏低。这说明在地区因素中,主要影响企业间环境不平等的是产业结构而非经济水平。

(三) 进一步分析

表 9、表 10 中我们发现,企业的能源资源用量和企业规模对于企业间环境不平等有较大的贡献度。我们接下来对这两个因素的影响机制进行进一步分析。

1. 能源的环境后果：“先赋”还是“自致”？

前面我们发现,企业的能源资源用量是造成企业间污染排放差异最为重要的因素。能源资源使用与污染排放的高度相关,有两种可能的原因:一是这种关联由行业因素、产品类型决定,一些企业属于消耗大量自然能源资源的重工业,能源使用自然造成了高污染,这对企业来说是“先赋”的,与企业自身的努力无关;二是不同企业的资源集约程度不同,那些粗放式生产的企业的能源使用造成了环境后果,这种情况可以被企业自身的努力所改变,具有“自致性”。这两种原因会带来不同的政策导向:如果能源资源使用的环境后果与企业的努力无关,那么在环境调控中需要更加注重行业结构的调整,降低高能耗行业的产能;如果能源资源使用的环境后果与企业的努力有关,那么应该鼓励企业使用节能技术,向资源集约型的方向发展。

我们试图分析能源资源用量的影响更倾向于哪种原因。为了分析行业因素的影响,我们将样本分为高能源消费的行业和低能源消费的行业。行业的划分方式是,把《中国能源统计年鉴》2011 年和 2012 年的能源消费总量排名前 5 位的二位数行业划分为高能源消费的行业识别为高能源消费的行业,分别是黑色金属冶炼和压延加工业;化学原料和化学制品制造业;非金属矿物制品业;电力、热力生产和供应业;石油加工、炼焦和核燃料加工业。其他行业划分为能源消费相对较低的行业。

表 11 第 (1) - (4) 列展示了两种行业的回归结果。其中第 (1) - (2) 列是高能源消费行业样本,分别以废水污染和废气污染为因变量。可以看到,在高能源消费的行业,能源资源使用与污染排放的回归系数反而更低。相反,第 (3) - (4) 列显示,在低能源消费的行业,能源使用与污染排放存在显著的、系数更大的正向关联。这说明,行业因素并不能解释能源使用与污染排放的高度相关性。

为了分析企业自身资源集约程度的影响,我们将样本分为资源集约程度高的企业和资源集约程度低的企业。我们采用企业的重复用水率作为资源集约程度的代理变量,其计算方式是工业企业污染数据库中的重复用水量除以该企业的工业用水量。按照该企业的重复用水率是否高于样本均值,将样本分为资源集约程度高的企业和资源集约程度低的企业。

表 11 第 (5) - (8) 列展示了两种企业的回归结果。其中第 (5) - (6) 列是资源集约程度高的企业的回归结果,第 (7) - (8) 列是资源集约程度低的企业企业的回归结果。可以发现,资源集约程度高的样本中,能源资源用量与污染排放之间的回归系数更小。也就是说,那些资源更加集约的企业,能源资源使用更加不会带来环境污染。这意味着,能源资源使用的环境后果是受到企业自身在节约资源上的努力影响的,引导企业向资源集约的方向转型,将能够以节能促减排。

表 11 能源资源使用的环境后果的机制分析

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	高能源消费行业		低能源消费行业		高资源集约度企业		低资源集约度企业	
变量	工业废水 排放强度	工业废气 排放强度	工业废水 排放强度	工业废气 排放强度	工业废水 排放强度	工业废气 排放强度	工业废水 排放强度	工业废气 排放强度
企业工业用水量	0.561*** (0.014)		0.650*** (0.008)		0.532*** (0.015)		0.763*** (0.011)	
企业工业煤炭消 费量		0.436*** (0.021)		0.520*** (0.013)		0.390*** (0.022)		0.527*** (0.020)
企业规模	-0.140*** (0.025)	-0.125*** (0.022)	-0.225*** (0.013)	-0.188*** (0.014)	-0.191*** (0.023)	-0.152*** (0.023)	-0.222*** (0.017)	-0.171*** (0.020)
企业资产负债率	0.035 (0.053)	0.025 (0.048)	-0.012 (0.027)	-0.020 (0.031)	0.032 (0.048)	0.042 (0.048)	-0.001 (0.036)	-0.018 (0.042)
企业年龄	0.005 (0.027)	0.024 (0.022)	-0.044*** (0.015)	-0.058*** (0.015)	0.008 (0.025)	-0.012 (0.024)	-0.040** (0.020)	-0.031 (0.020)
企业 ROA	-0.156** (0.074)	-0.224*** (0.073)	-0.256*** (0.040)	-0.238*** (0.051)	-0.279*** (0.071)	-0.232*** (0.080)	-0.298*** (0.055)	-0.224*** (0.073)
企业所有制	-0.056 (0.064)	-0.077 (0.055)	0.055 (0.044)	0.033 (0.040)	-0.052 (0.058)	-0.082 (0.060)	0.002 (0.057)	-0.004 (0.054)
城市人均 GDP 对 数	-0.120 (0.085)	-0.049 (0.067)	0.068 (0.044)	0.010 (0.052)	-0.035 (0.069)	0.026 (0.069)	-0.012 (0.057)	0.022 (0.090)
城市第二产业比 重	-0.005 (0.004)	0.007** (0.003)	0.010*** (0.002)	0.006** (0.002)	-0.000 (0.003)	0.003 (0.003)	0.011*** (0.003)	0.010*** (0.003)
环境规制强度	-14.472** (6.305)	-12.394** (5.672)	-8.036** (3.256)	-16.566*** (3.282)	-4.108 (5.058)	-13.137*** (4.804)	-4.601 (4.351)	-13.302*** (5.136)
企业固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
样本量	33,476	22,847	93,725	60,859	36,343	25,362	47,647	32,451
R2	0.830	0.872	0.885	0.816	0.885	0.868	0.904	0.862

注：小括号内为聚类到企业层面的稳健标准误，*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平上显著。

2. 大企业排污强度更低：禀赋差异还是“抓大放小”？

除了能源资源用量之外，企业规模对于企业间环境不平等也有一定的贡献。前文也提到，大规模企业的污染排放绝对量更高，而污染排放强度更低，表明大企业更倾向于使用环境密集技术压缩单位产值下的排污。

这样一种环境密集倾向有两种可能的原因，一是大企业本身的生产经营能力、节能减排能力更强，能够更有效地控制污染；二是地方政府在环境规制中存在规模歧视，“抓大放小”，重点控制大企业的污染。^①由于大企业污染排放的绝对数值较大，在环保考核中更容易被捕捉到，地方政府会重点规制大企业的污染排放，而倾向于忽视小企业的污染控制。这会引发小企业污染积少成多、损害地区环境质量以及影响大企业发展机会的担忧。

那么，我们需要分析，环境污染排放的规模差异中，有多大部分是企业自身的禀赋差异导致的、多大部分是地方政府的歧视导致的。Oaxaca-Bilinder 分解是一个识别歧视的经典方法，通常被用于研究劳动力市场的歧视。Oaxaca-Bilinder 分解法将劳动力市场中不同群体的收入分解为禀赋差异造成的可解释部分、以及系数差异造成不可解释部分，不可解释的部分被 Oaxaca 归因为歧视。^②我们将 Oaxaca-Bilinder 分解的方法应用到企业间歧视的识别上，帮助我们识别大小企业污染差异的来源。具体步骤如下：

设大企业的污染排放强度为 P_L ，小企业的污染排放强度为 P_H 。其均值分别为 $\overline{P_L}$ 和 $\overline{P_H}$ 。影响两种企业污染排放强度的个体特征因素矩阵分别为 X_L 和 X_H 。污染排放强度的估计方程分别是 $LnEP_H = X_H\beta_H + u_H$ 和 $LnEP_L = X_L\beta_L + u_L$ 。那么，小企业和大企业的排量强度均值的差可表示为：

$$Ln\overline{P_H} - Ln\overline{P_L} = \overline{X_H}\beta_H - \overline{X_L}\beta_L \quad (7)$$

Oaxaca 分解后的方程为：

$$Ln\overline{P_H} - Ln\overline{P_L} = (\overline{X_H} - \overline{X_L})\beta_H + \overline{X_H}(\beta_H - \beta_L) \quad (8)$$

式（8）右侧，左边一项代表即便不存在歧视，企业的个体特征差异亦即禀赋差异所导致的污染排放强度差异；右边一项代表在企业个体特征相同的情况下，对于污染的影响系数不同导致的差异。Oaxaca 把这一差异称为歧视。

我们按照企业总资产对数是否大于所有企业的年度均值，将样本分为大企业和小企业。污染排放强度方程的自变量 X 矩阵包括企业能源资源用量、企业资产负债率、企业年龄、企业 ROA、企业所有制、城市人均 GDP、城市第二产业比重、环境规制强度。

表 12 报告了企业污染排放的规模差异的 Oaxaca-Bilinder 分解结果。表 12 显示，对于工业废水而言，歧视导致的排放差异为平均排放差异的 288.57%；对于工业废气而言，歧视导致的排放差异为平均排放差异的 343.89%。二者均超过了 100%，这说明，小规模企业和大规模企业污染排放强度的差异全部是由歧视导致的。禀赋导致的差异甚至为负值，也就是说，如果只考虑禀赋因素，那么大企业的污染甚至应该更高。这意味着，大规模企业的低排放强度并不是由能源资源用量、盈利能力等禀赋因素所解释，而很可能是地方政府“抓大放小”的

① He G., Wang S., Zhang B., “Watering down environmental regulation in China”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.135, No.4, 2020, pp. 2135-2185.

② Oaxaca R., “Male-Female Wage differences in Urban Labour Markets”, *International Economic Review*, Vol.14, No.3,1973, pp.693-709; Oaxaca R., “The Challenge of Measuring Labor Market Discrimination Against Women”, *Swedish Economic Policy Review*, Vol.14, No.1, 2007, pp.199-231.

歧视所导致的。^①

表 12 企业污染排放的规模歧视

	工业废水		工业废气	
	分解结果	百分比	分解结果	百分比
平均排放差异 (小企业-大企业)	0.735*** (0.011)	100%	0.458*** (0.013)	100%
可解释的排放差异	-0.773*** (0.0081)	-105.17%	-0.925*** (0.010)	-201.97%
歧视导致的排放差异	2.121*** (0.010)	288.57%	1.575*** (0.011)	343.89%

五、结论和政策建议

在建设生态文明、“绿水青山就是金山银山”的号召下，环境污染总量的变化受到高度重视。但是，在总量下降的背景下，企业之间污染排放的差异究竟如何，则较少受到关注。本文采用工业企业数据库和工业企业污染数据库的匹配数据，首次对中国工业企业间环境不平等程度进行了测度和分解。主要得到如下结论：（1）中国工业企业间环境不平等程度非常严重。这种不平等主要存在于同一城市内部不同企业之间，其次才是不同城市之间。这也说明了测度企业间环境不平等的必要性。（2）2004-2020年，企业间环境不平等程度总体居高不下；中西部地区、轻污染行业、私营企业的企业间环境不平等程度偏高。（3）基于回归方程分解企业间环境不平等的来源，发现主要造成企业间环境不平等的因素是企业能源资源用量、企业固有特征和企业规模。地区因素对企业间环境不平等的贡献较小，说明企业间环境不平等主要来源于企业特征的异质性而非地区异质性。（4）进一步的机制分析发现，能源资源使用造成环境后果，更多受到企业自身资源集约程度的影响，而非由“先赋”的行业类型决定；大企业的污染排放强度低于小企业，原因是地方政府“抓大放小”的规模歧视，而不是企业个体特征差异。

本文的研究为环境治理、促进企业发展机会公平提供了政策启示。第一，应该对企业之间污染分配的公平问题给予更多关注。我们发现企业之间排污强度的差距悬殊，这意味着仅仅控制地区排污总量可能是不够的，也应关注地区内部企业之间的排污额度分配问题。从环境治理的角度来说，应该注重对排污严重的企业的管制。从企业发展的角度来说，应当注意到环境不平等很可能是企业间不平等的一个重要维度，企业在排污额度上的悬殊差异，可能会导致发展机会的不公平。

第二，以节能促减排是环境治理的有效方式。我们发现能源资源用量是造成环境不平等的重要因素，而且能源使用的环境后果可以被企业的资源集约行为所改善。因此，可以通过节能促进减排，鼓励企业发展节能技术，向资源集约的方向转型。

第三，在对不同规模的企业进行环境规制时，“抓大”的同时也应注意“不放小”。我们发现大企业的排污强度更低，并且这一现象无法被大小企业自身的禀赋差异所解释，而很可能是地方“抓大放小”的歧视所导致的。片面控制大企业的排污，可能会导致小企业的污染积少成多，减缓小企业节能减排技术的进步，也会限制大企业的发展。因此在环境治理中，小企业的污染需要被更多地被关注到。

^① Oaxaca 将分解方程中不可解释的部分归因为歧视，这里借鉴了这一观点。但需要注意的是，地方政府歧视的精准识别还需要更加严谨的因果检验。这里只是提供了一个初步证据。

Environmental Inequality among Firms: Measurement and Decomposition

NIE Huihua LIN Jiani

Abstract: Environmental governance needs to focus on the allocation of emission quotas among firms, but existing research lacks attention to environmental inequality among firms. Therefore, this paper measures and decomposes environmental inequality among firms. Using data matching from China Industry Business Performance Database and China Industrial Enterprise Pollution Database, we mainly use Gini coefficient to measure the degree of environmental inequality among firms, and conduct regression-based Shapley value decomposition of inequality to investigate the sources of environmental inequality among firms. We find that the inequality in pollution emissions among firms is severe, which mainly exists among different firms within the same city, followed by among different cities; The degree of environmental inequality among firms remains high over time, with higher levels in the central and western regions, light polluting industries, and private enterprises; The main factors causing environmental inequality among firms are the amount of energy and resources used by firms, firm fixed effect, and firm scale. Further mechanism analysis reveals that the environmental consequence of energy is more influenced by the intensity of firm resources, rather than the type of industry which is “pre-endowed”; The lower pollution intensity of large firms compared to small firms is due to scale discrimination of “Grasping the Large and Letting Go of the Small”, rather than endowment differences. Based on the above conclusions, this paper proposes policy recommendations to pay attention to the fairness of pollution distribution among firms, promote emission reduction through energy conservation, and “Grasping the Large but not Letting Go of the Small”.

Keywords: Environmental inequality; Environmental pollution; Gini coefficient; Sharpley value decomposition; Firm

本文发表于《社会科学》，2024年第2期，引用请注明。