

# 制造业服务化与企业减排

吕 越 陈泳昌 华 岳\*

**摘要:** 本文通过整合1998—2011年中国工业企业数据库和中国工业企业环境统计数据库两大微观数据库,并将其与基于世界投入产出数据库测算得到的制造业服务化数据进行合并,实证研究了制造业服务化对企业污染排放的影响。研究发现:制造业服务化水平的提高会显著降低企业的污染排放强度,这一结果在多方面的稳健性检验及内生性处理后依然显著成立。制造业服务化一方面通过优化企业的能源利用结构即降低煤炭能源依赖、提高清洁能源使用,发挥减排效应;另一方面通过显著促进企业技术进步和提升管理效率,降低污染排放强度。此外,外资企业和高能耗企业更能通过制造业服务化实现减排效果,国内上游服务市场的质量提升和成本下降也会显著降低下游制造业企业的污染排放强度。本文研究对加快我国工业企业发展方式绿色转型具有积极意义。

**关键词:** 制造业服务化;企业污染排放;能源结构优化;技术进步;管理效率

**中图分类号:** F426; X511

## 一、引言

制造业服务化是制造与服务融合发展的新型产业形态,是推动制造业高质量发展的重要方向。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出,发展服务型制造新模式,推动制造业高端化智能化绿色化。实际上,服务化转型能够有效助力制造业企业摆脱对资源、能源要素的投入依赖,减轻环境污染(黄群慧,2017)。中国经济的高增长在过去较长一段时期以高能耗和高排放为重要特征,这一粗放式发展模式导致了增长动能下降、环境保护压力加剧等一系列问题(陈诗一,2009)。根据耶鲁大学等机构联合发布的《2020年全球环境绩效指数(EPI)报告》<sup>①</sup>,百分制下中国的空气质量得分仅37.3,在全球180个国家或地区中处于中下游水平。党的二十大报告强调:“推动

\* 吕越,对外经济贸易大学国家(北京)对外开放研究院,邮政编码:100029,电子信箱:nklvyue@126.com;陈泳昌,对外经济贸易大学中国WTO研究院,邮政编码:100029,电子信箱:cycuibe@163.com;华岳,湖南大学经济与贸易学院,邮政编码:410006,电子信箱:huayue1126@outlook.com。

本文得到国家社会科学基金重大项目“新发展格局下中国产业链供应链安全稳定战略研究”(批准号:21&ZD098)、国家自然科学基金面上项目“双循环新发展格局下我国制造业价值链嵌入影响区域碳排放的机制、模型及实证研究”(批准号:72173040)以及对外经济贸易大学杰出青年学者资助项目(批准号:20JQ02)资助。作者感谢匿名审稿专家提供的宝贵意见。当然,文责自负。

①资料来源:<https://epi.yale.edu/epi-results/2020/component/epi>。

经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。”因此,深入探讨制造业服务化对企业污染排放的影响问题具有重要的理论和实践意义,这不仅有利于更好地探索制造业高质量发展的新模式,更将为构建以绿色环保为核心理念的新发展格局提供有益的理论支撑与实证证据。

Vandermerwe 和 Rada(1988)较早提出,制造业服务化是制造业企业对其核心产品进行的一系列服务包装,旨在有效提升制造业企业在要素成本更低的海外市场中的产品竞争力。具体来说,制造业服务化要求重点发展工业研发与设计、供应链管理、共享制造与定制化、检验检测认证、总集成总承包、生产性金融、节能环保等围绕制造业企业与产品形成的服务业行业,这是引领制造业价值链攀升,扩大制造业竞争优势的重要举措。现有研究从多方面讨论了制造业服务化的经济影响。对内层面,制造业服务化可能通过提升总体服务供给能力、构建高效运营管理制度、完善人力资本及产品研发体系等渠道有效提升企业生产率(Arnold et al., 2011),也可能通过降低制造业技术进步效率和规模经济优势抑制制造业生产率增长(彭继宗、郭克莎,2022)。同时,制造业服务化也将为企业直接提供客户需求信息,或通过服务中介机构降低信息获取成本,进而使得企业能够有针对性地进行产品创新(Golara and Dooley, 2016)。对外层面,制造业服务化能够提高下游制造业企业的出口概率及出口总量(Bas, 2014; 刘斌、王乃嘉, 2016)。制造业服务化还可以通过提高服务业发展水平、推动产业跨国转移以及促进关联产业出口升级等渠道提升企业出口产品质量(祝树金等, 2019)。此外,制造业服务化还能通过降低成本和推动创新提高中国企业的全球价值链参与度,显著优化企业的全球价值链分工地位(刘斌等, 2016; 许和连等, 2017)。这些文献重在探讨制造业服务化的经济效应,本文将立足中国“十四五”时期加快发展方式绿色转型这一背景,重点关注制造业服务化的生态环境影响,系统分析制造业服务化影响企业污染排放的效应和机理。

部分研究已开始初步探讨服务业发展带来的环境效应。Levine 等(2018)认为,商业银行对信贷约束的放松能大幅降低环保成本,支撑企业为大规模污染治理投入资金。基于中国市场的相关研究主要围绕产业集聚来探讨服务业发展的环境优化效应(韩峰等, 2021)。最近的研究表明,上游服务市场的开放会显著降低企业的污染排放(苏丹妮、盛斌, 2021)。综合梳理已有文献发现,与本文同样关注制造业服务化的黄玉霞和谢建国(2019)以碳排放为研究指标,提出制造业服务化能通过提高制造业生产效率、替代能源要素和优化制造业结构等途径降低完全碳排放强度。但他们的研究依然停留在宏观层面,这为本文研究制造业服务化如何影响微观企业层面的污染水平留下了进一步拓展的空间。

基于此,本文将从以下两方面提出制造业服务化影响企业污染排放的可能机制。一方面,得益于服务品本身的低污染性和清洁外部性,大量服务中间品内嵌将会显著优化制造企业传统的生产模式和经营方式。此时,企业更加关注产品承载的功能而非产品本身,由“产品型经营”向“功能型经营”的转变将显著提高单位产品的利用效率,处理无效库存并减少资源浪费,以此降低企业的能源消耗尤其是对化石能源的依赖,并转向对清洁能源的使用。另一方面,服务产品有着知识密集型和技术密集型特征,伴随制造业企业服务化水平的不断提高,服务中间品必将发挥显著的知识和技术溢出效应。这些高质量的人力资本服务、科学技术服务以及数字化信息化服务等将整体提升企业的技术水准和管理效率,加快企业的运转效率。同时,优化旧有的高污染、高耗能生产方式,最终有效助力企业的污染排放下降,带

来环境绩效改善。

本文通过归并1998—2011年中国工业企业数据库和中国工业企业环境统计数据库中高度细化的微观企业数据,再将其与基于投入产出表构建得到的制造业服务化数据进一步合并,获取了可用于实证研究制造业服务化影响企业污染排放的全部数据。相较已有研究,本文的主要边际贡献如下:(1)研究视角上,本文系统考察了制造业服务化对企业污染排放的影响,厘清了中国从“工业型经济”向“服务型经济”转变过程中的环境外部性这一关键问题,为制造业服务化的社会效应提供了来自可持续发展角度的重要证据。区别于相近研究在不同国家或经济体层面展开的分析(黄玉霞、谢建国,2019),本文聚焦中国内部的工业行业与企业,为制造业服务化环境效应的研究提供了高度细化的中国证据与解释。(2)研究内容上,本文通过测算制造业服务化水平,得到制造业服务化能够有效降低企业污染排放的基本结论,并从多维度验证了这一主要结论的稳健性。进一步地,本文从是否为外资企业以及企业能耗差异两方面开展了异质性分析,并从不同角度考虑了国内服务市场发展如何影响制造业服务化的环境效应。区别于现有基于单纯的服务业开放视角所得到的研究发现(苏丹妮、盛斌,2021;吕越、陈泳昌,2022),本文结论有助于在制造业和服务业深度融合的背景下充分理解制造业转型升级的环境效应。(3)机制分析上,本文在分析制造业服务化的企业污染排放效应的基础上,进一步从优化能源使用结构、推动技术进步以及提高管理效率等方面深入分析了制造业服务化影响工业企业污染排放的实现渠道,相比现有探讨国内因素影响企业污染排放的文献(吕越、张昊天,2021),本文结合了经典的技术效应视角和新颖的组织行为视角,为研究减排机制提供了合理解释。

本文后续的结构安排如下:第二部分为影响机制与理论分析;第三部分为研究设计、数据及变量说明;第四部分为计量结果与分析;第五部分为拓展性分析;第六部分为结论与建议。

## 二、影响机制与理论分析

结合以上文献梳理,本文将从优化能源使用结构、推动技术进步及提高管理效率等方面依次阐述制造业服务化如何影响企业减排,并在第四部分逐一开展相应的实证检验。

### (一)从优化能源结构的角度看

服务投入本身具备低污染性(Levinson,2010)及清洁外部性(韩峰等,2021)特征。因此,伴随中国逐步由工业型制造转向服务型制造,各制造业行业的服务要素投入占比将不断增加,这会对制造企业现有的生产结构及经营模式带来深度调整,并对企业污染物产生的关键来源——能源使用结构产生实质性影响,即制造业服务化将通过降低企业对污染水平较高的化石能源使用,从源头大幅降低企业的污染物生产水平(祝树金等,2020)。

第一,就服务投入的低污染特征而言,以数字信息服务、货币金融服务以及科技推广服务等为代表的现代服务供给,其本身往往是凭借技术密集型和知识密集型人才创造供应,企业对这些服务品的大规模投入不会导致污染排放强度的进一步增加,反而能在一定程度上引致更好的环境效益(Rothenberg,2007)。第二,就服务投入引发的生产结构优化而言,借助清洁性的服务设计理念,企业将吸收现代化的生产工艺和模式,使用污染更小的替代性原材料,强化对副产品的循环利用,从而加速淘汰部分高污染、高耗能生产环节,在降低传统化石能源依赖的同时挖掘更多新型能源利用,持续提升单位能源的投入产出效率,实现绿色化转

型目标。第三,就服务投入带来的商业模式转型而言,早期研究中,学者们重点关注跨国公司借助一系列的服务包装对企业市场竞争力提升的积极效应(Vandermerwe and Rada, 1988),包括更加完善的售后服务,更加环保的服务工艺等。但事实上,大量的服务加持也在不断推动企业的经营模式朝向清洁性优化,如优质的售后服务大大延长了产品的使用年限,广泛的租赁和共享理念落地有效提升了产品的利用次数,提高了单位产品的使用价值。正如 Mont(2004)所言,得益于广泛的服务应用及配套,服务产品系统正在快速形成,这一新模式更加关注产品承载的功能而非产品本身,因此企业实施功能最优化决策,而非基于产出最大化目标决策,将会有效降低无效投资和过度生产,在缩减企业“无效库存”的同时减缓资源浪费,大幅降低企业的能源投入依赖。

## (二)从技术进步和管理效率提升的角度看

现代服务业蕴含着大量的高质量人力资本、管理经验、信息和技术要素,有着显著的知识密集型和技术密集型特征。因此,伴随产业融合的不断加深,服务中间品势必发挥显著的知识和技术溢出效应,尤其是服务品在制造企业生产经营中的深度应用,会有效提升企业整体的技术水准和管理效率。这对于降低企业污染排放,改善企业环境绩效,最终推进制造企业的绿色化转型至关重要。针对技术进步和管理效率提升的两方面内在机制,我们逐一阐述。

就技术进步而言,服务型企业加速了底层服务技术和信息资源的互动效率,降低了产业间的信息不对称和资源价格扭曲,为制造业创新提供了大量的信息、数据和知识来源,有效降低了企业的创新门槛和创新壁垒,同时一系列的服务配套将为企业带来直接的客户需求信息,有助于矫正供需错配,提高企业的精准创新(Golara and Dooley, 2016)。凭借技术效应的发挥,制造业服务化将在生产的全流程中实现传统生产模式跨越式变革,有效助力企业的绿色化生产经营。如在产品设计中融入更加清洁的可降解技术,在工艺模式中考虑更加高效的清洁生产方式、清洁技术手段等,都将助力实现工业污染负向外部性的内部消化,从而增强减排成效。正如 Grossman 和 Krueger(1991)发现,技术进步是实现环境优化的核心力量。

就管理效率而言,高质量的人力资本投入、先进的生产方案设计以及数字化服务技术将有力推动制造业生产的规范化、统一化和柔性化,并显著降低企业的管理成本,提升企业的管理效率。如信息技术服务与机械化的深度融合逐步推动生产的线上化、网联化及精益化,这将显著增强整条生产线路的可操控性、可维护性,大大提升产品流转、企业管理及能源利用效率。而从管理效率提升的环境效益来看,一方面,高效的管理模式将在加速企业生产工序运转的同时,降低无谓消耗及相伴的污染物产生;另一方面,企业通过引入专业的第三方环保服务,将显著改善现有治污手段及模式,借助环保服务企业的规模经济和治污举措,企业将大幅提升治污效率。即我们认为,高效的管理模式和经验也将成为制造业服务化降低企业污染排放的关键渠道。

## 三、研究设计、数据及变量说明

### (一)计量模型设定

为进一步从实证层面检验制造业服务化对企业污染排放的影响,我们借鉴 Zhang 等(2018)针对微观企业层面环境污染决定因素的研究,设定如下计量模型:

$$\ln SO_{ijkt} = \alpha_0 + \alpha_1 ser_{it} + \alpha_2 X + \delta_j + \nu_{kt} + \varepsilon_{ijkt} \quad (1)$$

(1)式中: $i, j, k, t$ 分别表示行业、企业、城市及年份。 $\ln SO_{2ijkl}$ 表示企业的二氧化硫排放强度,  $ser_{it}$ 表示行业  $i$  在第  $t$  年的制造业服务化水平,  $X$  为一系列可能影响回归结果的控制变量, 包括企业和行业两个维度, 具体的变量名称和指标构建说明见下文。此外, 模型还加入了企业固定效应( $\delta_j$ )、城市 $\times$ 年份固定效应( $\nu_{kt}$ )。末尾为残差项。

## (二)核心指标构建

### 1.被解释变量

《2019 全球空气状况》数据显示, 当年死于空气污染的人数已经超过交通意外, 同时空气污染致人均预期寿命缩短高达 20 个月, 因此本文将目光着眼于企业生产造成的空气污染; 进一步的, 考虑到煤炭依然是当前支撑中国工业发展的主要能源<sup>①</sup>, 而这一能源结构决定了以煤烟型为主的空气污染是环境污染的主要形式与特征, 因此本文选择与居民健康息息相关的二氧化硫指标作为被解释变量; 此外, 为剔除规模因素干扰, 准确刻画企业的污染排放强度水平, 本文借鉴苏丹妮和盛斌(2021), 以二氧化硫排放量除以工业总产值取对数( $\ln SO_2$ )来测算企业的污染水平。

### 2.核心解释变量

本文首先借鉴刘斌等(2016)的测算思路, 分别采用直接消耗系数法和完全消耗系数法来测度各制造业行业的服务化水平。其中, 直接消耗系数法主要考虑生产中的第一轮直接消耗, 通过将投入产出表中某一制造业行业所消耗的服务中间品总量除以该行业的总产出即可得到; 而完全消耗系数法则更加充分地将直接消耗之外的间接消耗纳入指标测算的框架内, 测度公式如下:

$$cons_{uv} = a_{uv} + \sum_{w=1}^n a_{uw} a_{wv} + \sum_{x=1}^n \sum_{w=1}^n a_{ux} a_{xw} a_{wv} + \dots \quad (2)$$

(2)式中: 等式左边的  $cons_{uv}$  代表制造业  $v$  对服务业  $u$  的完全消耗, 右边第一项表示制造业  $v$  对服务业  $u$  的直接消耗, 第二项表示借助于行业  $w$ , 制造业  $v$  对服务业  $u$  的第一轮间接消耗, 依此类推, 第  $n+1$  项表示第  $n$  轮的间接消耗。由于该方法未充分考虑不同制造业增值率差异导致的投入服务化水平测度的偏差, 因此本文参考黄玉霞和谢建国(2019), 采用(3)式进一步完善:

$$ser_{uv} = \sum cons_{uv} / \sum_i cons_{iv} \quad (3)$$

即先用(2)式分别计算制造业  $v$  对服务业  $u$  和任一行业  $i$  的完全消耗系数<sup>②</sup>, 再利用(3)式求比值便得到本文最终构建的制造业服务化指标  $ser_{uv}$ 。<sup>③</sup> 考虑到完全消耗系数通过对生产过程的层层剥离更全面地反映了制造业与服务业各部门之间的相互依存关系, 因此, 后续回归主要采用基于完全消耗系数法下的服务化指标, 并以采用直接消耗系数法测算下的服务化数据开展稳健性检验。

<sup>①</sup>数据来源: 电力规划设计总院发布的《中国能源发展报告 2020》。

<sup>②</sup>(3)式中的  $i$  不仅包括服务业行业, 还包括农业和工业等非服务业行业。

<sup>③</sup>由于 WIOD 投入产出表的行业分类与国民经济行业分类标准存在差异, 因此我们借鉴已有研究(许和连等, 2017), 将其对照到国民经济行业分类的二分位行业, 即本文的核心解释变量为二分位行业 $\times$ 年份维度。

### 3. 控制变量

考虑到本文的核心解释变量为行业层面数据,而被解释变量为企业层面数据,因此我们借鉴苏丹妮和盛斌(2021)、吕越和陈泳昌(2022),分别从行业和企业两个层面构建控制变量,以提升估计结果的可靠性。行业层面变量包括:(1)资本密集度( $lnkl$ ):资本密集度可能会从扩大行业规模和提高治污设备引进两个方面影响污染强度,从而干扰回归结果。因此,本文采用四分位行业层面人均固定资产取对数来构建资本密集度指标以控制其潜在影响。(2)负债率( $debt$ ):平均负债率较高的行业可能会减少或无法支付应有的减排支出,从而影响本文的估计结果。因此,本文以总负债与总资产的比重来衡量负债率,从而控制这一影响,该指标的数值越大代表企业面临的负债率越高。(3)环境规制( $rule$ ):更加严厉的环境规制将会直接影响行业内企业的生产决策,本文借鉴龙小宁和万威(2017),将《清洁生产标准》涵盖下的行业赋值1,其他行业赋值0。(4)市场集中度( $hh$ ):更加激烈的市场竞争或将倒逼企业改进自身的生产工艺并转向绿色化生产。因此,我们采用行业内企业的市场份额占比的平方和来衡量市场集中度。<sup>①</sup>

此外,本文还参考已有研究(Liu et al., 2017; Zhang et al., 2018),控制以下企业层面变量。(1)生产率( $lnpro$ ):生产率是企业技术、管理和经验等多种因素的综合反映,也是影响企业环境绩效的关键因素。因此,本文采用劳动生产率来控制相关因素干扰,并以1998年为基期做平减处理。(2)出口行为( $exp$ ):参与国际贸易带来的环境效应被已有研究广泛证实(Grossman and Krueger, 1991; 盛斌、吕越, 2012),为控制其可能影响,本文将出口交货值大于0的企业定义为出口企业并赋值1,其余企业赋值0。(3)外资属性( $FOE$ ):外资企业往往具备更加先进的环境治理技术和经营效率,因此其平均污染强度相对较低。对此,本文按照企业注册类别信息,将外资企业定义为1,其余企业定义为0。(4)企业年龄( $lnage$ ):企业年龄与其生产经营经验息息相关,更多的经验积累或许对推动企业绿色化转型有着积极意义。本文采用当年年份减去企业的成立年份加1取对数来衡量。

### (三) 数据处理、来源及描述性统计

本文使用的二氧化硫排放数据来源于生态环境部(原环境保护部)主管下的中国工业企业环境统计数据库。该数据是由环保部门通过筛选地区总污染占比约85%的企业作为重点调查单位,采用企业自主上报,同时地方政府不定期抽查的方式收集。由于涵盖地区广泛、起始年份较早且时间跨度较长,该数据库被视为中国最全面、最完整的企业环境数据库(Zhang et al., 2018)。

本文的控制变量来源于中国工业企业数据库,我们参照Brandt等(2012)对两大数据库进行匹配合并及处理。处理过程包括:首先,将样本期内四分位行业统一为2002版国民经济行业分类行业;其次,采用“序贯匹配法”,凭借主要匹配字段,即企业组织机构代码、企业名称、县级行政区划代码+法定代表人以及县级行政区划代码+电话号码+成立年份等对数据进行匹配,在此过程当中,针对文字紊乱、样本混乱、格式错误、指标缺失、记录缺失、时间频度不统一、指标异常、测度误差、统计口径变更等问题进行处理,包括但不限于对企业组织机构代码与名称等多个字段进行修正,补充大量缺失记录,去掉重复记录,统一为年度数据

<sup>①</sup>本文的行业控制变量均在国民经济行业分类标准的四分位行业层面构建。

以及进行数据汇总验证等;最后,合并得到1998—2011年包含企业环境绩效信息的面板数据。合并完成后,本文进一步地借鉴吕越和邓利静(2020)的做法对这一面板数据进行处理,将出现如下任何一种情况的企业删除掉:(1)企业员工数量小于8;(2)无效的成立时间;(3)总资产、固定资产或总产值为0或负值;(4)企业的编码缺失。

本文的核心解释变量基于投入产出表构建,世界投入产出数据库(World Input-Output Database,简称WIOD)及国家统计局均发布了投入产出表,但前者为年度数据,后者每5年发布一次,因此WIOD公布的投入产出表时变性更强,本文基于该数据库构建制造业服务化指标,并在下文进一步采用国家统计局发布的投入产出表开展稳健性检验。通过将国民经济行业分类标准与投入产出表行业划分手动对照,我们合并了企业数据与制造业服务化的行业数据。需要说明的是,由于2010年中国工业企业数据库的数据质量较差,因此我们的回归中不包含该年数据。最后,对部分指标下的空缺值进一步处理构造了本文研究所需的全部数据,结构如表1所示。

**表1 变量的描述性统计**

变量名称	变量符号	观测数	均值	标准差	最小值	最大值
污染强度	lnSO <sub>2</sub>	346 086	-1.030	2.220	-11.604	4.131
制造业服务化	ser	389	0.189	0.028	0.137	0.280
资本密集度	lnkl	5 261	4.378	0.632	2.237	7.916
环境规制	rule	5 261	0.024	0.154	0	1
负债率	debt	5 261	0.592	0.089	0.179	1.324
市场集中度	hh <sub>i</sub>	5 261	0.035	0.058	0	1
生产率	lnpro	346 086	12.107	1.202	0.712	21.443
出口行为	exp	346 086	0.296	0.456	0	1
外资属性	FOE	346 086	0.111	0.315	0	1
企业年龄	lnage	346 086	2.376	0.925	0	7.607

## 四、计量结果与分析

### (一) 基准回归

为实证检验制造业服务化对企业污染排放强度的影响,我们根据上文构建的计量模型,同时控制企业固定效应和城市×年份固定效应,并将稳健标准误聚类到行业×年份层面,回归结果如表2所示。第(1)列只加入核心解释变量,回归结果在1%的水平上显著为负,即某一行业制造业服务化水平的提升与该行业内企业污染排放强度之间存在显著的负相关关系。为缓解遗漏变量对估计结果的潜在影响,我们在第(2)、(3)列中依次加入企业层面控制变量、行业层面控制变量,发现核心解释变量依然显著为负。最后,我们将被解释变量污染强度指标进行双侧缩尾1%再次回归,结果汇报在第(4)列,制造业服务化依然会显著降低企业污染排放。究其原因,首先,伴随企业不断加快服务化转型步伐,生产要素使用结构也会进一步向更加清洁的服务投入转变,这将降低企业总体的污染排放强度。其次,制造业服务化为企业带来了新的生产理念、管理方案以及商业模式,这有助于企业摆脱对煤炭等化石能源以及其他高污染高耗能资源要素的依赖(黄群慧,2017),通过优化能源使用结构降低污染排放强度。最后,制造业服务化还能通过溢出效应和专业化分工加速企业创新(刘维刚、倪洪福,2018),部分生产性服务投入具有技术密集型和知识密集型的特征,存在显著的清洁外部性,这将进一步有效降低企业的污染排放强度。

表 2

基准回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>ser</i>	-0.665 *** (0.103)	-0.631 *** (0.089)	-0.627 *** (0.088)	-0.612 *** (0.085)
<i>lnpro</i>		-0.580 *** (0.020)	-0.582 *** (0.019)	-0.554 *** (0.018)
<i>exp</i>		-0.075 *** (0.011)	-0.075 *** (0.011)	-0.072 *** (0.011)
<i>FOE</i>		-0.014 (0.023)	-0.013 (0.023)	-0.016 (0.022)
<i>lnage</i>		-0.009 (0.006)	-0.009 (0.006)	-0.007 (0.005)
<i>lnkl</i>			0.091 ** (0.036)	0.089 ** (0.035)
<i>debt</i>			-0.049 (0.115)	-0.030 (0.112)
<i>rule</i>			-0.007 (0.032)	-0.013 (0.033)
<i>hh</i>			0.463 * (0.250)	0.367 (0.239)
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
城市×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.833	0.846	0.846	0.852
N	312 303	312 303	312 303	312 303

注: \*\*\*、\*\* 和 \* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平上拒绝原假设, 括号内为标准误, 稳健标准误在行业×年份层面聚类调整。下同。

## (二) 稳健性检验

为进一步验证制造业服务化的环境效应, 本小节通过调整核心解释变量测算方式、更换被解释以及内生性处理等多种方式进行稳健性检验。结果见表 3—表 5。

### 1. 调整核心解释变量

一方面, 基准回归中我们基于完全消耗系数法来测算各行业的制造业服务化水平, 这里我们借鉴刘斌和赵晓斐(2020), 采用基于直接消耗系数法测算的制造业服务化指标开展稳健性检验。另一方面, 本文采用国家统计局发布的投入产出表来测算制造业服务化指标<sup>①</sup>。检验结果呈现在表 3 第(1)、(2)列。结果表明, 制造业服务化依然显著降低企业的污染排放强度。

### 2. 调整被解释变量

考虑到本文对环境污染的检验始终以二氧化硫排放作为观测指标, 但该指标难以反映其他方面的大气污染情况, 因此我们继续采用其他污染指标开展稳健性检验。出于数据可获性及完整性的考虑, 我们选择企业单位产值的工业废气排放及工业烟粉尘排放作为被解释变量, 以进一步测度制造业服务化对生产中的固体颗粒物、氮氧化物及氟化物等有害物质排放的影响, 两项指标的回归结果依次呈现在表 3 第(3)、(4)列中, 仍稳健成立。最后, 考虑到本文的核心解释变量为行业层面, 因此, 我们进一步将企业的二氧化硫排放沿行业层面

<sup>①</sup>需要说明的是: 本文的样本期为 1998—2011 年, 我们以国家统计局发布的 2002 版投入产出表测算 1998—2002 年的制造业服务化水平, 随后年份按同一方式递推。

加总,并构建出行业维度的二氧化硫排放强度指标,回归结果如表3第(5)列所示,该结果依然显著为负,支持基准结论。

表3 更换核心指标的稳健性检验

	直接消耗系数法	调整投入产出表	工业废气排放	工业烟粉尘排放	行业层面污染排放
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ser	-0.528 *** (0.072)	-0.310 *** (0.068)	-0.274 *** (0.088)	-0.540 *** (0.092)	-1.500 *** (0.501)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R <sup>2</sup>	0.852	0.851	0.890	0.812	0.958
N	312 303	312 303	309 398	261 873	312 303

### 3. 控制其他环境规制政策干扰

为进一步控制环境规制对本文估计结果的可能影响,我们采用分样本回归开展稳健性检验。《酸雨控制区和二氧化硫污染控制区划分方案》(简称《双控区方案》)是我国针对部分地区的酸雨问题及二氧化硫污染管控的一项重要法案,与本文的被解释变量二氧化硫污染排放强度密切相关。因此,我们根据城市是否进入《双控区方案》名单来划分子样本并开展回归,回归结果分别呈现在表4第(1)、(2)列中。能够发现,无论是否受到环保政策管制,制造业服务化都会显著降低企业的污染排放强度,且分样本间系数无明显差异,这表明该政策并未对基准结论造成严重干扰。

### 4. 调整数据

为尽可能降低极端值对回归结果的潜在影响,我们从制造业服务化和环境污染两方面进行处理。第一,将制造业服务化水平最低的纺织业包含的企业样本剔除;第二,对被解释变量污染排放强度指标进行双侧缩尾处理,两次回归结果分别呈现在表4第(3)、(4)列。结果表明,制造业服务化依然会显著降低企业的污染排放强度。

### 5. 交叉固定效应

基准回归中,我们同时控制企业固定效应和城市×年份固定效应,这里为进一步控制省份-行业层面不随时间变动的因素对估计结果的潜在干扰,我们进一步加入省份×行业层面的固定效应开展稳健性检验,结果呈现在表4第(5)列,与基准回归保持一致。

表4 环境规制及极端值处理的稳健性检验

	双控区政策		调整数据		交叉固定效应 (5)
	非双控区	双控区	剔除纺织业样本	双侧缩尾	
	(1)	(2)	(3)	(4)	
ser	-0.573 *** (0.094)	-0.688 *** (0.109)	-0.615 *** (0.091)	-0.612 *** (0.085)	-0.741 *** (0.104)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
省份×行业固定效应	No	No	No	No	Yes
R <sup>2</sup>	0.850	0.855	0.855	0.852	0.852
N	204 995	106 907	275 677	312 303	312 299

## 6. 内生性分析

尽管本文已从多角度验证了制造业服务化带来的减排效应,但基准回归结果依然可能受到遗漏变量等导致的内生性问题干扰。因此,我们通过进一步寻求构建适当的工具变量进行克服。考虑到一国的产业政策制定、经济发展历程往往与其邻国存在诸多可比性,我们首先借鉴 Arnold 等(2011)、刘斌和王乃嘉(2016),测算印度的制造业服务化水平并将其作为本文的第一项工具变量。中印两国无论是从服务贸易、服务开放历程以及总体的国内人口、经济发展情况来看,都有诸多可比性。中国的改革开放政策会对印度的经济决策带来影响(周念利,2014)。同时,受制于地理条件、制度差异等限制,印度的服务业发展难以通过其他未被控制的渠道对中国企业的环境绩效产生影响。此外,中国企业层面的污染排放难以影响印度的服务业改革及发展进程,因此该指标满足工具变量要求。采用 2SLS 回归将该工具变量引入,结果如表 5 第(1)、(2)列所示。能够发现,工具变量的选择有效,且一阶段回归表明中印两国的制造业服务化呈现出显著的正相关关系,同时二阶段的回归表明基准结论并未受到潜在的内生性问题干扰,制造业服务化的确有着较强的减排效应。类似的,本文借鉴刘维刚和倪洪福(2018),进一步测算 1998—2011 年间日本各制造业行业的服务化水平,并将其作为第二项工具变量,回归结果呈现在表 5 第(3)、(4)列。结果表明,工具变量的选择通过了弱识别检验以及识别不足检验,且制造业服务化带来的减排效应并未受到内生性问题的严重干扰。此外,我们还借鉴许和连等(2017),采用核心解释变量的滞后一期作为工具变量进一步处理潜在的内生性问题。结果如表 5 第(5)、(6)列所示,表明工具变量的选择有效,且基准回归依然稳健成立。

表 5 内生性处理结果

	印度制造业服务化		日本制造业服务化		滞后一期	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ser		-4.587 *** (0.783)		-0.571 *** (0.385)		-0.745 *** (0.092)
ser_IND	0.051 *** (0.002)					
ser_JPN			0.126 *** (0.004)			
l.ser					0.674 *** (0.005)	
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	312 303	312 303	312 303	312 303	312 303	312 303
识别不足检验	808.453 [0.00]		782.215 [0.00]		1.3e+04 [0.00]	
弱识别检验	1424.685 {16.38}		4619.277 {16.38}		1.4e+05 {16.38}	

注: [ ] 中的数值为  $P$  值, { } 中的数值为 Stock-Yogo 检验 10% 水平上的临界值。

### (三) 影响机制分析

本文已经验证制造业服务化会显著降低企业污染排放强度,并通过多角度的稳健性检验和内生性处理反复考察了这一结论的可靠性,但我们依然缺少对制造业服务化如何实现企业减排内在机制的进一步分析。为此,我们结合第二部分的理论梳理,从优化能源结构、促进技术进步及提高管理效率等方面开展机制检验。为此,本文构建如下计量模型进行实证检验。

$$Z_{ijkt} = \beta_0 + \beta_1 ser_{it} + \beta_2 X + \delta_j + \nu_{kt} + \varepsilon_{ijkt} \quad (4)$$

$$\ln SO_{2ijkt} = \gamma_0 + \gamma_1 ser_{it} + \gamma_2 Z_{ijkt} + \gamma_3 X + \delta_j + \nu_{kt} + \varepsilon_{ijkt} \quad (5)$$

(4)、(5)式中: $Z_{ijkt}$ 表示机制变量,其余设定与模型(1)基本保持一致<sup>①</sup>。

就优化能源结构这一影响机制而言,首先,我们以企业的煤炭消耗总量加1取对数来构建机制变量(lnser),回归结果如表6第(1)、(2)列所示。结果表明,大量的煤炭使用与高污染排放强度息息相关,而制造业服务化有效降低了企业对煤炭能源的使用。其次,采用中国工业企业环境统计数据库中企业的洁净燃气使用量加1取对数(lnnag),来衡量企业对清洁能源的使用情况,检验结果见表6第(3)、(4)列。能够发现,制造业服务化显著提高了企业对清洁能源的使用,并降低了二氧化硫污染排放强度。<sup>②</sup> 原因在于,伴随清洁性服务理念的有效渗透以及大量服务中间品的投入应用,企业总体的要素使用结构和商业模式均会发生深刻调整。一方面,这会指导企业根据客户需求和市场信息,采取精准化生产策略,在减少资源浪费,降低煤炭等化石能源投入的同时,减轻“无效库存”,不断带来环境绩效的优化。另一方面,清洁的生产理念及工艺与清洁水平更高的新型能源会形成配套,从而进一步降低企业的污染排放强度。

就促进技术进步和提高管理效率而言,首先,构建技术进步的测度指标。借鉴周黎安和罗凯(2005),本文采用企业的专利数据来反映技术进步情况,相关数据来源于国家知识产权局。其中,总体的专利包含发明专利、实用新型以及外观设计三种,数据库中详细记录了三种专利的申请数、授权数及非授权数。由于授权意味着相关部门对企业的专利合规性及质量已经进行了严格筛查,因此更能反映企业实际的创新能力,故本文采用企业三种专利的授权数取对数来构建机制变量(tech),回归结果如表6第(5)、(6)列所示,制造业服务化显著促进了企业的技术进步;同时,技术进步则有效降低了二氧化硫污染排放强度。最后,本文采用企业的管理费用和销售费用与主营业务收入的比值来衡量管理效率(ME),该指标越大代表管理效率越低,回归结果呈现在表6第(7)、(8)列中。能够发现,第(7)列回归结果显著为负,表明制造业服务化提升了企业的管理效率;同时,第(8)列结果意味着管理效率的提高会改善企业的环境绩效。对该结果的解释为,现代服务业蕴含着大量的高质量人力资本、管理经验、信息和技术要素,有着显著的知识密集型和技术密集型特征。伴随服务要素在制造业生产过程中的不断嵌入,服务中间品势必发挥显著的知识和技术溢出效应,这将有效提

<sup>①</sup>由于本文采用专利数据构建技术效应的测度指标,以探讨制造业服务化降低企业污染排放的内在机制,但该变量与企业生产率之间存在一定的共线性,为规避这一问题,我们在机制分析中,剔除生产率这一控制变量。

<sup>②</sup>由于原始数据中煤炭和洁净燃气分别缺失2004、1998—2000年数据,因此回归中未包含这些年份的样本。

升企业的技术水准和管理效率,从而显著降低企业污染排放强度。

表 6

机制分析结果

	煤炭能源				清洁能源			
	lner		lnSO <sub>2</sub>		lnneg		lnSO <sub>2</sub>	
	(1)	(2)	(3)	(4)				
ser	-0.866 *** (0.138)	-0.371 *** (0.072)	0.182 * (0.102)	-0.429 *** (0.076)				
lner		0.260 *** (0.011)					-0.055 *** (0.006)	
lnnag								
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes			Yes	
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes			Yes	
城市×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes			Yes	
R <sup>2</sup>	0.876	0.697	0.551	0.805				
N	285 519	285 519	251 481	251 481				
技术进步								
	tech		lnSO <sub>2</sub>		ME		lnSO <sub>2</sub>	
	(5)		(6)		(7)		(8)	
	0.258 *** (0.047)	-0.606 *** (0.084)	-0.015 ** (0.006)	-0.604 *** (0.086)				
tech		-0.024 *** (0.009)						
ME							0.545 *** (0.061)	
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes			Yes	
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes			Yes	
城市×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes			Yes	
R <sup>2</sup>	0.876	0.697	0.551	0.805				
N	312 303	312 303	312 303	312 303				

#### (四) 异质性分析

截至目前,我们已对制造业服务化的环境优化效应及其内在作用机制进行了检验,但我们依然缺乏对这一影响效应在不同情境下的异质性分析,因此这里从企业是否为外资企业以及能耗差异两方面做出进一步讨论。

##### 1. 沿是否外资企业的视角

为考察外资企业属性是否会影响制造业服务化的减排效应,我们采用虚拟变量 *FOE* 对外资企业赋值 1,非外资企业赋值 0,并以交互项的形式将该变量引入回归,结果如表 7 第(1)列所示。首先,核心解释变量的单独项结果表明,制造业服务化依然显著降低企业污染排放强度;交互项系数同样显著为负,表明外资企业属性的确显著增强了制造业服务化的减排效应。原因或在于,外资企业的海外母公司往往面临更高的环保标准,在污染减排方面具备更多的实践经验;同时,外资企业相较于本土企业而言,整体的技术水平较为领先。因此,这类企业在服务化转型的过程中,更能充分挖掘各类服务要素的减排效力,加快释放服务投入的清洁外部性,包括有效落实清洁理念、设计清洁工艺、运用清洁技术等,进而表现出相较非外资企业在制造业服务化过程中的减排优势。

## 2. 沿能耗差异的视角

本文进一步考察企业间的能耗差异是否会对基准回归结果产生异质性影响。为此,我们采用指标 *econ*,以所有企业的煤炭消耗中值为界,对高于中值的企业赋值 1,低于或等于中值的企业赋值 0,并将该指标以交互项的形式引入回归,结果呈现在表 7 第(2)列中。制造业服务化依然会显著降低企业的污染排放强度,且企业的能耗水平越高,越能通过制造业服务化降低其污染排放强度。结合本文的影响机制进行剖析,由于制造业服务化会通过降低企业对以煤炭为代表的化石能源消耗,显著改善其环境绩效。因此,高能耗企业更能借助广泛的服务投入来优化其能源使用结构,助力企业摆脱或降低对以煤炭为代表的传统化石能源消耗,最终实现污染排放强度的显著下降。

表 7 异质性分析结果

	是否为外资企业	企业能耗差异	
		(1)	(2)
<i>ser</i>		-0.598 *** (0.084)	-0.396 *** (0.099)
<i>FOE</i>		0.018 (0.028)	
<i>ser</i> × <i>FOE</i>		-0.109 * (0.057)	
<i>econ</i>			0.897 *** (0.053)
<i>ser</i> × <i>econ</i>			-0.357 *** (0.079)
控制变量	Yes		Yes
企业固定效应	Yes		Yes
城市×年份固定效应	Yes		Yes
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.852		0.859
N	312 303		312 303

## 五、拓展性分析

制造业服务化转型依赖于高水平的服务投入,那么国内服务市场的发展是否会对制造业服务化的减排效应产生外在影响?本部分重点围绕制造业上游服务质量和服务成本两个方面,深入考察国内服务市场发展对本文研究问题的具体影响。

### (一) 从上游服务质量来看

本文采用以下两项指标来刻画服务质量(*ser\_qua*)。第一,高质量服务依赖于专业化人才,因此人力资本能够在一定程度上反映服务质量。本文参照吕越和邓利静(2020),以平均工资水平来反映各服务业行业的人力资本水平,并采用完全消耗系数作为权重,将该权重与各服务业行业工资水平对应相乘,最终按照同一制造业行业对上游各服务业行业的工资水平加权求和,得到各制造业行业面临的上游服务质量,后续的指标构建思路类似,不再赘述。<sup>①</sup>第二,数字化硬件配套及数字技术的广泛渗透,能够在优化用户服务感知体验、提高

<sup>①</sup>数据来源于《中国第三产业统计年鉴》,由于部分统计数据缺失,因此基于各服务业行业平均工资构建的上游服务质量指标仅包含 2003—2011 年数据。

服务供给稳定性的基础上,提高服务效率、优化服务方案等,从而实现更高质量的服务输出,因此本文进一步考虑从服务业数字化的角度测度服务质量。具体而言,本文基于国家统计局发布的投入产出表,以通信设备、电子计算机整机和零部件硬件投入以及信息传输、计算机等软件投入在总产出中的占比来刻画各服务业行业的数字化水平,并结合投入产出权重测算出各制造业行业面临的上游服务质量。两项服务质量指标的回归结果呈现在表8第(1)、(2)列,结果表明更高的服务质量有助于降低企业的污染排放强度,这一发现与已有研究结论保持一致(张三峰、魏下海,2019)。高质量服务往往蕴含了更多知识要素和技术要素,这些清洁外部性较强的服务要素在生产全流程中的广泛应用,更有助于激发企业优化传统的高能耗、高污染生产环节,探索更多高效的商业模式,最终带来企业污染排放强度的显著下降。

## (二)从上游服务成本来看

借鉴苏丹妮和盛斌(2021),本文采用服务中间品的价格指数来衡量服务成本(*ser\_cost*),并结合投入产出权重来构建制造业上游面临的服务投入成本<sup>①</sup>,回归结果呈现在表8第(3)列。结果表明,服务成本与污染排放之间存在显著的正相关关系,具体为成本下降会显著降低企业污染排放强度。原因可能在于,制造业面临的上游服务成本削减降低了企业的服务获取门槛,减少了非必要的服务投入支出,进而为企业将更多的服务要素投入到生产当中提供了重要支持。

表 8

拓展性分析结果

	服务质量		服务成本
	(1)	(2)	(3)
<i>ser_qua</i>	-0.654 <sup>*</sup> (0.394)	-0.160 <sup>**</sup> (0.075)	
<i>ser_cost</i>			0.388 <sup>*</sup> (0.203)
控制变量	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes
城市×年份固定效应	Yes	Yes	Yes
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.860	0.851	0.897
N	206 007	312 303	99 027

## 六、结论与建议

本文通过匹配1998—2011年中国工业企业数据库和中国工业企业环境统计数据库中高度细化的微观企业数据,再将其与制造业服务化数据合并,实证研究了制造业服务化对企业污染排放强度的影响效应和内在机制。文章的主要研究结论如下:

第一,制造业服务化水平的提高会显著降低企业的空气污染物排放强度,这一实证结果在进行更换指标测度方式、控制其他环境规制政策干扰、调整数据样本区间、控制交叉固定效应以及采用工具变量法克服内生性之后依然显著成立。第二,机制分析发现,一方面,得

<sup>①</sup>资料来源:《中国统计年鉴》,由于部分统计数据缺失,所以回归中仅包含2007—2012年数据。

益于服务投入本身的低污染性和清洁外部性,大量服务投入的内嵌会显著优化制造业企业传统的生产模式及经营方式。制造业服务化会通过降低企业的化石能源消耗以及提高清洁能源利用发挥减排效应。另一方面,服务投入有着知识密集型和技术密集型特征,包括高质量的人力资本服务、科学技术服务以及数字化信息化服务等,都将整体提升企业的技术水平和管理效率,进而降低企业的污染排放强度。第三,异质性分析发现,从是否为外资企业的角度来看,外资企业属性有助于提高制造业服务化的减排效果;从企业能耗差异来看,高能耗企业能够借助服务化转型实现更大程度的污染强度下降。第四,拓展性分析显示,国内上游服务市场的质量提升和成本下降均会显著提升制造业服务化的环境优化效应。

改革开放后,中国经济的快速发展主要依赖工业体系的逐步完善及规模化扩张,但部分地区粗放式的生产模式导致环境问题成为当前及下一阶段中国经济高质量发展的突出制约因素。党的二十大报告明确提出:“统筹产业结构调整、污染治理、生态保护、应对气候变化,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。”因此,思考工业化更高水平发展与环境治理的平衡关系及落实举措至关重要。应当认识到,工业发展及转型不仅要立足于产业本身,更应充分依托产业间差异化的比较优势,充分发挥产业关联效应。结合本文研究结论,我们提出如下三方面政策建议。

第一,推动服务业与制造业的深度融合,有效发挥制造业服务化的减排效应。应围绕工业企业的绿色化转型目标,大力推进服务投入在制造业生产中的广泛应用,包括绿色化创新设计、智能化物流服务、质量检验检测认证、污染数据监测处理服务以及专业化维修改造服务等。同时,利用数字化、智能化技术不断提高工业生产中的服务投入质量,通过优化各服务业行业的竞争格局着力降低服务投入成本,以此有效改善国内整体的服务供给水平。在此基础上,进一步疏通上游服务流向制造业企业生产的体制机制障碍,加快我国制造业与服务业尤其是现代服务业的深度融合,将服务投入中蕴含的大量技术密集型和知识密集型要素融入生产工序中,从而显著降低企业的污染排放强度。

第二,鼓励企业依托制造业服务化优化自身的能源使用结构,提升技术水平和管理效率,进而实现企业污染排放强度的有效下降。一方面,引导企业充分利用服务投入的低污染特征和清洁外部性,即通过在工业生产经营中加大服务投入比例优化企业的生产结构,从源头上降低非必要的能源投入及污染物排放。同时,积极吸收更多清洁的服务理念和先进设计方案,加速淘汰部分高污染、高耗能生产环节,在降低企业生产对传统化石能源依赖的同时挖掘更多的新型能源利用渠道,通过提升单位能源的投入产出效率降低总体的污染排放强度。另一方面,加快将先进的数字化智能化服务、供应链管理服务以及全生命周期管理服务等融入传统的生产工艺中,着力发展数字制造、智能制造、智慧工厂和工业互联网等,支持企业通过现代化服务推动自身的产业组织方式变革与创新,以此不断提升企业的技术水平和管理效率,助力绿色减排目标的实现。

第三,在支持企业利用制造业服务化发挥减排效应的过程中需考虑分类施策。一方面,要重点激发外资企业借助服务化转型带来的减排成效。相较非外资企业,外资企业平均技术水平和管理经验相对较高,其更能释放服务投入带来的减排成效;另一方面,要着力引导高能耗企业抓住制造业服务化带来的减排机遇,综合审视该类企业在其生产经营的各个环节中加大服务投入的可能性,在不断优化其生产结构和能源使用结构的同时,加快其绿色转

型步伐。

综上,虽然本文基于中国工业企业数据库和中国工业企业环境统计数据库的统计数据,实证研究了制造业服务化带来的减排效应,但文章整体上依然存在进一步的拓展空间。一方面,受制于数据获取的限制,我们目前无法获得规模以上工业企业实际的各项服务中间品投入情况,因此无法直接在中国工业企业数据库的基础上探讨企业服务化的减排效应。另一方面,囿于可获得的微观企业层面数据时效性较为不足,目前中国工业企业数据库比较成熟的数据仅到2013年,也在一定程度上制约了本文研究。当然,这些目前存在的不足,都将成为后续研究值得关注的重要方向和突破空间。

### 参考文献:

- 1.陈诗一,2009:《能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展》,《经济研究》第4期。
- 2.韩峰、严伟涛、王业强,2021:《生产性服务业集聚与城市环境质量升级——基于土地市场调节效应的研究》,《统计研究》第5期。
- 3.黄群慧,2017:《中国制造如何向服务化转型》,《经济日报》6月16日。
- 4.黄玉霞、谢建国,2019:《制造业投入服务化与碳排放强度——基于WIOD跨国面板的实证分析》,《财贸经济》第8期。
- 5.刘斌、王乃嘉,2016:《制造业投入服务化与企业出口的二元边际——基于中国微观企业数据的经验研究》,《中国工业经济》第9期。
- 6.刘斌、魏倩、吕越、祝坤福,2016:《制造业服务化与价值链升级》,《经济研究》第3期。
- 7.刘斌、赵晓斐,2020:《制造业投入服务化、服务贸易壁垒与全球价值链分工》,《经济研究》第7期。
- 8.刘维刚、倪红福,2018:《制造业投入服务化与企业技术进步:效应及作用机制》,《财贸经济》第8期。
- 9.龙小宁、万威,2017:《环境规制、企业利润率与合规成本规模异质性》,《中国工业经济》第6期。
- 10.吕越、陈泳昌,2022:《上游服务业开放与制造业企业的环境污染》,《财贸经济》第6期。
- 11.吕越、邓利静,2020:《全球价值链下的中国企业“产品锁定”破局——基于产品多样性视角的经验证据》,《管理世界》第8期。
- 12.吕越、张昊天,2021:《打破市场分割会促进中国企业减排吗?》,《财经研究》第9期。
- 13.彭继宗、郭克莎,2022:《制造业投入服务化与服务投入结构优化对制造业生产率的影响》,《经济评论》第2期。
- 14.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》,《中国社会科学》第5期。
- 15.苏丹妮、盛斌,2021:《服务业外资开放如何影响企业环境绩效——来自中国的经验》,《中国工业经济》第6期。
- 16.许和连、成丽红、孙天阳,2017:《制造业投入服务化对企业出口国内增加值的提升效应——基于中国制造业微观企业的经验研究》,《中国工业经济》第10期。
- 17.张三峰、魏下海,2019:《信息与通信技术是否降低了企业能源消耗——来自中国制造业企业调查数据的证据》,《中国工业经济》第2期。
- 18.周黎安、罗凯,2005:《企业规模与创新:来自中国省级水平的经验证据》,《经济学(季刊)》第4卷第3期。
- 19.周念利,2014:《中国服务业改革对制造业微观生产效率的影响测度及异质性考察——基于服务中间投入的视角》,《金融研究》第9期。
- 20.祝树金、谢煜、段凡,2019:《制造业服务化、技术创新与企业出口产品质量》,《经济评论》第6期。
- 21.祝树金、谢煜、吴德胜,2020:《制造业服务化的节能效应及其中介机制研究》,《财贸经济》第11期。
22. Arnold, J. M., B. S. Javorcik, and A. Mattoo. 2011. "Does Services Liberalization Benefit Manufacturing Firms? Evidence from the Czech Republic." *Journal of International Economics* 85(1): 136–146.
23. Bas, M. 2014. "Does Services Liberalization Affect Manufacturing Firms' Export Performance? Evidence from India." *Journal of Comparative Economics* 42(3): 569–589.

24. Brandt, L., J. V. Bieseboeck, and Y. Zhang. 2012. "Creative Accounting or Creative Destruction? Firm-level Productivity Growth in Chinese Manufacturing." *Journal of Development Economics* 97(2):339–351.
25. Golara, S., and K. Dooley. 2016. "The Influence of Manufacturing Services on Innovation." *Academy of Management Proceedings* 1,17418.
26. Grossman, G. M., and A. B. Krueger. 1991. "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement." NBER Working Paper 3914.
27. Levine, R., C. Lin, Z. Wang, and W. Xie. 2018. "Bank Liquidity, Credit Supply, and the Environment." NBER Working Paper 24375.
28. Levinson, A. 2010. "Pollution and International Trade in Services." *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 10(2): 93–105.
29. Liu, Y., Y. Hao, and Y. Gao. 2017. "The Environmental Consequences of Domestic and Foreign Investment: Evidence from China." *Energy Policy* 108: 271–280.
30. Mont, O. 2004. "Institutionalisation of Sustainable Consumption Patterns Based on Shared Use." *Ecological Economics* 50(1–2):135–153.
31. Rothenberg, S. 2007. "Sustainability through Servicizing." *MIT Sloan Management Review* 48(2): 83–91.
32. Vandermerwe, S., and J. Rada. 1988. "Servitization of Business: Adding Value by Adding Services." *European Management Journal* 6(4):314–324.
33. Zhang, B., X. Chen, and H. Guo. 2018. "Does Central Supervision Enhance Local Environmental Enforcement? Quasi Experimental Evidence from China." *Journal of Public Economics* 164: 70–90.

## Servitization of Manufacturing and Firm's Pollution Emission

Lv Yue<sup>1</sup>, Chen Yongchang<sup>2</sup> and Hua Yue<sup>3</sup>

(1:Academy of China Open Economy Studies,University of International Business and Economics;  
2:School of China Institute for WTO Studies,University of International Business and Economics;  
3:School of Economics and Trade,Hunan University)

**Abstract:** By merging micro-level data from the "Annual Survey of Industrial Firms", the "Environmental Statistics of Chinese Industrial Firm" and the "World Input–Output Database" from 1998 to 2011, this paper investigates the effect of servitization of manufacturing on firm's pollution emission. Results show that servitization of manufacturing in China significantly reduces the emission intensity of industrial firms. The finding remains stable after we conduct multiple robustness checks and correct for potential endogeneity issue. Servitization of manufacturing mitigates air pollution via two mechanisms, one is to substitute coal for cleaner energy sources, leading to a more sustainable energy-use structure. The other is to facilitate firm's technological improvement and promote more efficient firm management. Moreover, we find that foreign firms and firms with intense energy consumption are more likely to be environmentally affected by servitization of manufacturing. Also, quality improvement and cost reduction on the upstream service market tend to significantly lower the emission intensity of downstream manufacturing firms. This study provides critical implications for accelerating the green transformation of China's industrial firms.

**Keywords:** Servitization of Manufacturing, Firm's Pollution Emission, Energy Structure Optimization, Technological Progress, Management Efficiency

**JEL Classification:** L8, Q53

(责任编辑:陈永清)