

产业生态化与现代化产业体系建设： 以先进制造业服务化为例

于金闯¹, 刘 丽², 刘丽娜¹, 张 昊^{1,3}

(1. 哈尔滨理工大学经济与管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150080;

2. 潍坊工程职业学院, 山东 潍坊 262500;

3. 哈尔滨工程大学经济管理学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 基于先进制造业服务化推动产业生态化发展是建设现代化产业体系的关键举措。为此, 揭示先进制造业服务化对产业生态化的影响机制至关重要。基于我国 30 个省级行政区投入产出数据, 构建先进制造业服务化与产业生态化之间的关系模型, 分析先进制造业服务化对产业生态化的影响机制, 揭示其产业生态化路径及边界条件。结果表明: 先进制造业服务化能够显著提升产业生态化水平; 先进制造业服务化能够通过生产效率、污染排放强度及技术创新三条路径促进产业生态化发展; 在“强”环境规制及服务化发展的情景下, 先进制造业服务化更能够促进产业生态化水平的提高, 环境规制及服务化发展程度是先进制造业服务化实现产业生态化的边界条件。

关键词: 先进制造业服务化; 产业生态化; 影响机制

中图分类号: F426

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2024)04-0067-12

Industrial ecology and modern industrial system construction: Taking advanced manufacturing servitization as an example

YU Jinchuang¹, LIU Li², LIU Lina¹, ZHANG Hao^{1,3}

(1. School of Economics and Management, Harbin university of science and technology, Harbin 150080, China;

2. Weifang engineering vocational college, Shandong, Weifang 262500, China;

3. School of Economics and Management, Harbin engineering university, Harbin 150001, China)

Abstract: Promoting the development of industrial ecology based on the servitization of advanced manufacturing is a key measure in building a modern industrial system. For this reason, it is crucial to reveal the impact mechanism of advanced manufacturing servitization on industrial ecology. Based on the input-output data of 30 provincial-level administrative regions in China, the relationship model between advanced manufacturing servitization and industrial ecology is constructed, the influence mechanism of advanced manufacturing servitization on industrial ecology is analyzed, and the path and boundary conditions of industrial ecology are revealed. The results show that the servitization of advanced manufacturing industry can significantly improve the level of industrial ecology; The servitization of

收稿日期: 2023-11-14 修回日期: 2024-03-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (72074062); 黑龙江省哲学社会科学规划项目 (23GLB053); 国家社会科学基金重大项目 (22&ZD094)。

作者简介: 于金闯 (1993—), 男, 黑龙江依安人, 哈尔滨理工大学经济与管理学院博士生, 研究方向为先进制造业服务化与产业发展战略。通信作者: 张昊。

advanced manufacturing industry can promote the ecological development of industry through three paths: production efficiency, pollution emission intensity and technological innovation. Under the scenario of “strong” environmental regulation and the development of service industry, the servitization of advanced manufacturing industry can promote the improvement of the level of industrial ecology, and environmental regulation and the development degree of service industry are the boundary conditions for the realization of industrial ecology of advanced manufacturing servitization.

Key words: advanced manufacturing servitization; industrial ecology; influencing mechanism

自 2018 年全国生态环境保护大会明确将产业生态化纳入生态文明建设体系中,我国生态质量得到了质的提升。产业生态化是指在实现产业生态系统良性循环的同时求得经济效益与生态效益的统一,能够实现产业增长和生态环境保护的协调发展^[1]。2023 年 5 月,习近平总书记在主持召开二十届中央财经委员会第一次会议时强调“现代化产业体系是现代化国家的物质技术基础,必须把发展经济的着力点放在实体经济上,为实现第二个百年奋斗目标提供坚强物质支撑”。建设现代化产业体系是加快构建新发展格局、着力推动高质量发展的必然选择,但当前我国产业体系总体上还存在大而不强、国际竞争力不足等问题。未来产业是建设现代化产业体系、抢占未来竞争制高点的关键布局,同时也是衡量一个国家科技创新和综合实力的重要标志。发达国家如美国、日本、英国、法国等对未来产业的发展部署引领全球未来产业在朝着智能、低碳、健康的方向前进。2023 年 9 月,习近平总书记在黑龙江考察调研期间指出“整合科技创新资源,引领发展战略性新兴产业和未来产业,加快形成新质生产力”。未来产业是推动产业体系走向智能化、绿色化、融合化的重要动能,有助于促进现代化产业体系建设走实走深。先进的生产技术是企业更大力度实施生产流程升级、提升资源利用效率的有力支撑^[2]。先进制造业作为制造业的高端领域,是落实我国科技创新事业发展蓝图的主力军。以颠覆性技术和前沿技术催生新模式和新动能、发展新质生产力,有利于先进制造业发展成为未来产业新竞争力,有效减少资源浪费并控制碳排放以实现企业可持续发展^[3-4],为现代化产业体系建设提供重要动力。在服务经济落地趋实及消费者个性化需求特

征渐显的背景下,先进制造业服务化能够为客户提供定制化解决方案,促进产业结构高级化及合理化。同时,高端服务要素的嵌入有利于提高先进制造业资源利用效率及生产效率,促进先进制造业清洁高效生产,进而推动产业结构生态化。为实现先进制造业成为新质生产力的重要抓手,提升产业生态化水平,加快建设现代化产业体系,先进制造业服务化对产业生态化的影响机制成为亟待研究的热点话题。

一、文献综述

学者们对于产业生态化的内涵界定多聚焦于经济学和生态学两个维度,将产业生态化视为经济增长和生态环境和谐共生的发展理念^[5-6]。现有对于产业生态化水平的测度从多方面展开,在指标体系构建方面,学者们视角相对多元但彼此具有兼容性,大都基于产业生态化内涵从生态、经济两层构建^[5,7]。后续有学者增加了社会层面的因素^[8],随着产业生态化理论的发展,生态化水平的评价指标体系逐步细分为资源、环境、经济与社会 4 个方面^[1]。在评价方法方面,学界主要运用的方法有综合指标体系法^[5-7]等,并且学者们普遍认为综合指标体系法较于其他方法能够更全面、更准确地对产业生态化水平进行评价。同时,产业生态化水平的高低受到多重因素的复合作用,宏观层面如经济发展水平^[9]等;中观层面如产业集聚^[10]等,且能源消耗及污染物的排放是影响产业生态效率的重要因素^[11];微观层面,科技创新是企业可持续发展的重要动力,通过引入绿色先进技术,在研发设计、生产工艺流程等环节实现废弃物的高效清洁利用,对产业生态化发展产生正向促进作用^[10]。

制造业多采用高消耗、高污染、高投入、低效

益的粗放型发展模式,其存在是造成环境污染的主要原因之一,先进制造业作为制造业知识密集、创新活跃、高附加值的关键领域,能够引领制造业未来发展方向^[12],以先进制造业为抓手带动制造业实现产业生态化发展是促进产业结构转型、推动制造业绿色高质量发展的关键着力点。

制造业服务化能够面向客户个性化及较深层次需求,依托实物产品,衍生出具有价值增值的服务^[13],促进制造企业与客户价值共创过程的实现,进而提高资源利用率。当客户提出绿色需求时,制造企业会积极实施“中绿色”的创新战略^[14],增加服务衍生过程中对自然资源依赖程度较弱的服务要素的投入,促进绿色技术创新,在实现价值共创的同时降低制造企业对资源的消耗程度^[15],推动制造业实现绿色发展。现有研究已证实服务化能够从供给质量^[16]、出口增加值^[17]、企业绩效^[18]等方面提升制造业经济效益。同时,由于服务要素的投入、技术创新、要素结构优化等方式改变了制造企业自身传统的价值创造方式及资源利用模式,从而减少物质消耗^[19],显著降低碳排放水平^[20]、抑制能源强度^[21],实现企业绿色可持续发展,促进制造业实现生态与经济的协调发展。先进制造业相较于传统制造业在资源配置效率、创新能力、盈利能力等方面具有高水平 and 硬实力^[22],先进制造业服务化能够提高企业服务绩效^[23],并且作为高端制造业的一部分,先进制造业与服务产业关联度的提高成为实现碳排放达到峰值并逐步下降的重要动力^[24]。

综上所述,现有文献多从产业生态化水平的测度、单个因素对生态效率的影响等方面探究产业生态化,未能聚焦到具体行业实现产业生态化的发展路径。服务化作为制造业和先进制造业的发展方向,其在产生经济效应的同时还能够形成特定的环境效应,这为以服务化促进产业生态化发展提供了重要理论基础。但以服务化促进产业生态化发展的内在机制尚未得到充分解答。在生态文明建设、可持续发展、绿色发展等理念以及高质量发展背景下,促进产业生态化发展,实现现代化产业体系建设是关键内容,而借助服务化发展

形成的经济效益和环境效应达成上述目标,则是一种低成本、高成效的途径。先进制造业服务化具有实现经济、生态双重效益的发展潜力,污染排放强度、技术创新、产业发展水平、环境规制等是影响产业生态化发展的重要因素。因此,本文立足于我国绿色可持续发展战略目标,基于产业生态化内涵,构建先进制造业服务化与产业生态化之间的关系模型。借助实证分析方法,从产业经济系统与生态环境系统两个维度出发对先进制造业服务化影响产业生态化的路径及边界条件展开研究,并提出系统全面、切实可行的对策建议。深入贯彻生态化发展理念,促进先进制造业实现绿色高质量发展,有助于我国在全球经济可持续发展进程中保持竞争优势。本文研究可能的创新之处如下:一是以先进制造业服务化作为研究对象,探究其产业生态化发展问题;二是以产业结构低碳优化为切入点,揭示先进制造业服务化影响产业生态化的路径及边界条件。

二、理论分析与研究假设

(一)先进制造业服务化对产业生态化的直接作用分析

产业生态化水平能够从产业经济系统和生态环境系统两个维度测度和评价^[5,7],先进制造业服务化在产业经济系统和生态环境系统两方面促进产业生态化发展。先进制造业服务化是将其运营模式从以产品为中心向以服务为中心转变的过程,一方面,从“质”的角度看,由于服务本身具备高附加值属性,有先进制造业特性加持,服务化能够直接促进先进制造业产品附加价值提升^[18],进而促进利润增长。另一方面,从“量”的角度看,先进制造业服务化能够利用先进技术及现代管理理念实现供需精准匹配,为客户提供更多个性化、自定义的“产品服务”组合选择^[25],能够最大程度满足客户需求,提升客户忠诚度及产品销售量,进而提升企业经营绩效。两种机制共同作用下,先进制造业服务化能够显著推动产业经济系统发展。而服务化对降低碳排放强度、节能、提升绿色福利水平^[2]等方面的正向作用,促使实施服务化转型战略的先进制造业将现代技术应用到生产经营活

动中,支撑先进制造业企业在低碳、节能、环保等绿色发展等方面取得显著成效,从而对生态环境系统产生积极影响。据此,本文提出假设 1:先进制造业服务化能够对产业经济系统和生态环境系统产生积极影响,提升产业生态化水平。

(二)先进制造业服务化与产业生态化关系的中介作用分析

1. 生产效率的中介作用分析

高端服务要素嵌入先进制造业,会对生产效率产生显著正向影响^[26],成为先进制造业发挥其特性的内生动力,而生产效率的提高能够促进资源利用效率的提升,有利于产业生态化实现高效发展。先进制造业服务化通过嵌入上游服务要素对生产效率的影响机制主要体现在:通过嵌入具有高知识高技术的生产性服务要素,其含有的先进知识和技术转移到产品生产过程,产生知识扩散和技术溢出效应,先进制造业具有的技术先进性会增强该效应,进而提高生产效率^[27];服务要素的投入能够优化先进制造业企业内外部运作网络,有利于企业内外部信息共享和协同运作^[28],从而提高企业运作效率;先进制造业把原本自制但属于其它产业的中间投入品外包,将核心资源应用于核心战略环节,有助于企业更好地管理生产技术与工艺流程,有效促进先进制造业生产效率的提高^[29]。生产效率的提高使得先进制造业获得持续性竞争优势,进而提升其盈利能力,促进产业经济系统发展。同时生产效率提升能够促进产业资源整合,提高资源利用效率,从而减少资源浪费,降低资源消耗水平。而资源消耗水平的降低是产业生态化发展的必然要求和结果,由此,先进制造业服务化能够通过提高生产效率有效促进生态环境系统健康发展,最终实现产业生态化。据此,本文提出假设 2:先进制造业服务化能够通过提高生产效率间接提升产业生态化水平,即生产效率在先进制造业服务化与产业生态化的关系中起到中介作用,是先进制造业服务化影响产业生态化的一条路径。

2. 污染排放强度的中介作用分析

先进制造业服务化是先进制造业由原本以产

品为中心运营方式转变为以服务为中心运营方式的过程,在这一过程中,企业通过增加高端服务要素的投入调整自身发展模式。随着服务要素投入增加,企业要素结构得以优化,从而有利于降低对资源的依赖。先进制造业企业模式创新特性驱动其进行企业内部组织结构的调整,缩减造成资源浪费的部门规模,进而实现污染排放强度的降低。同时,先进制造业服务化能够有效促进产业分工,提升资源配置效率^[30],从而降低污染排放强度。污染排放强度的降低,能够直接降低污染排放水平,提高生态环境系统健康程度,提升产业生态化水平,从而实现产业生态化发展。据此,本文提出假设 3:先进制造业服务化能够通过降低污染排放强度间接提升产业生态化水平,即污染排放强度在先进制造业服务化与产业生态化的关系中起到中介作用,是先进制造业服务化影响产业生态化的一条路径。

3. 技术创新的中介作用分析

以知识资本为典型代表的服务要素嵌入到生产制造环节,通过技术溢出实现技术成果的传播和共享^[31],这种作用在以技术先进性、模式创新性、管理先进性为显著特点的先进制造业企业中更为明显。从投入服务要素的异质性来看,金融服务要素的投入,能够有效缓解先进制造业技术创新的金融压力,使先进制造业有更多资金投入先进技术应用、研发设计等创新活动,提高创新研发效率;大数据、互联网等服务要素的投入,能够显著增加先进制造业研发的知识和技术资本,从而推动技术创新。技术创新水平的提升一方面完善了先进制造业技术标准体系,有利于推动颠覆性技术创新扩散^[32],从而促进产业结构的优化和升级。同时,技术创新水平的提升还有利于塑造产品竞争优势,提升产品增加值,进而提升收益水平,驱动产业经济系统可持续发展。另一方面,技术创新水平尤其是绿色清洁技术创新水平的提升,有利于推动企业设备更新和工艺升级,降低生产活动的资源投入强度,促进企业绿色转型升级,进而对生态环境系统产生积极影响,提升产业生态化发展水平。据此,本文提出假设 4:先进制造

业服务化能够通过促进技术创新间接提升产业生态化水平,即技术创新在先进制造业服务化与产业生态化的关系中起到中介作用,是先进制造业服务化影响产业生态化的一条路径。

(三)先进制造业服务化与产业生态化关系的调节作用分析

1. 环境规制的调节作用分析

环境规制是指政府通过制定相应政策和措施对厂商的经济活动进行调节,以实现资源节约和环境保护。为满足政府环境规制要求,先进制造业不得不寻求新的出路,此时服务化成为一个重要选择。先进制造业通过选择产品附加服务、产品+服务、服务型制造、完全去制造化4种发展模式,充分发挥自身优势,降低资源消耗及污染排放,实现清洁生产。显然,在“强”环境规制下,先进制造业企业会受到更大驱动,其服务化转型升级进程得以快速推进,先进制造业服务化对产业生态化发展的促进作用增强。相反,在“弱”环境规制下,先进制造业企业有可能由于“机会成本”,选择不放弃短期能为企业带来更大利益的现行生产运营模式,即使这样做会因为无法满足环境规制要求而需要付出一定的惩罚成本^[33]。在这种情况下,服务化进程受阻,其产业生态化效应降低。据此,本文提出假设5:先进制造业服务化对产业生态化的直接作用受到环境规制的调节,相比于“弱”环境规制,在“强”环境规制下,先进制造业服务化对产业生态化的促进作用增强,即环境规制是先进制造业服务化影响产业生态化的一个“边界条件”。

2. 服务业发展程度的调节作用分析

服务要素嵌入先进制造业价值链环节是先进制造业服务化的重要表现,通过嵌入服务要素,先进制造业能够获取更高的产品附加价值,实现更清洁的生产模式,进而对产业生态化发展具有促进作用。显然,由于高端服务要素在先进制造业服务化过程中的重要作用,基于服务化的先进制造业的产业生态化受到嵌入先进制造业的高端服务要素水平的影响。当研发设计、金融、互联网、大数据等高端服务要素嵌入先进制造业,实现先

进制造业研发服务化、金融服务化、数字服务化时,既能够提高生产效率,又能够减少资源浪费,先进制造业服务化显著提高产业生态化水平。而批发零售等低端服务要素嵌入先进制造业,虽然有利于提高运营效率,但是对于污染排放没有实质影响,甚至可能由于间接能源消耗提高污染排放强度,在这种情况下,先进制造业服务化对产业生态化的促进作用受到限制。据此,本文提出假设6:先进制造业服务化对产业生态化的直接作用受到服务业发展程度的调节,相比于“弱”服务业发展程度,在“强”服务业发展程度下,先进制造业服务化对产业生态化的正向促进作用更加显著,即服务业发展程度是先进制造业服务化影响产业生态化的一个“边界条件”。

基于以上分析,本文构建先进制造业服务化影响产业生态化的路径及边界条件的研究模型如图1所示。

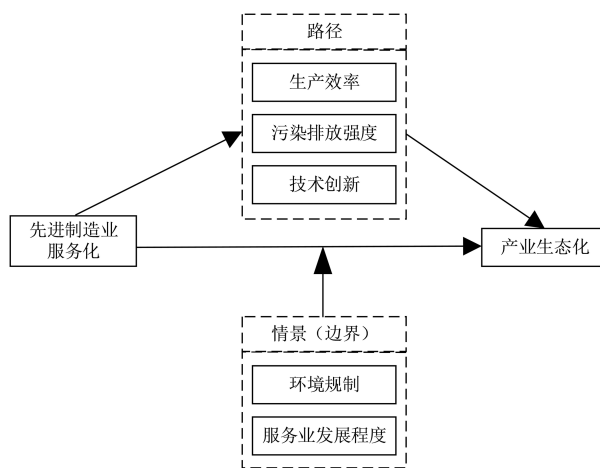


图1 研究模型

三、模型构建、变量及数据来源说明

(一)模型构建

本文通过构建中介效应模型和调节效应模型,揭示先进制造业服务化影响产业生态化的路径及边界条件,借鉴温忠麟等^[34]提出的中介效应模型和调节效应模型构建方法,构建如下实证模型:

$$EI = \alpha + \beta_1 Ser + \beta_2 control + \varepsilon \quad (1)$$

$$Med = \alpha + \theta_1 Ser + \theta_2 control + \varepsilon \quad (2)$$

$$EI = \alpha + \omega_1 Ser + \omega_2 Med + \omega_3 control + \varepsilon \quad (3)$$

$$EI = \alpha + \lambda_1 Ser + \lambda_2 Mod + \lambda_3 control + \varepsilon \quad (4)$$

$$EI = \alpha + \varphi_1 Ser + \varphi_2 Mod + \varphi_3 Ser \times Mod + \varphi_4 control + \varepsilon \quad (5)$$

式(1)~式(3)检验先进制造业服务化对产业生态化的直接作用及生产效率、污染排放强度、技术创新的中介作用,式(4)~式(5)检验环境规制、服务业发展程度对先进制造业服务化与产业生态化关系的调节作用。其中, EI 表示产业生态化; Ser 表示先进制造业服务化; Med 表示中介变量(生产效率、污染排放强度、技术创新); Mod 表示调节变量(环境规制、服务业发展程度); $control$ 表示控制变量。

(二) 变量选择与说明

①被解释变量:产业生态化(EI)。产业生态化被视为产业经济系统和生态环境系统和谐共生的发展理念。借鉴 Wang 等^[7]对产业生态化的测度,本文从产业经济系统和生态环境系统两个维度出发,构建包括反映工业化发展、产业高级化、生态环境治理响应等 8 个二级指标的产业生态化评价指标体系,如表 1 所示。其中,产业高级化指数以信息传输、计算机服务和软件业单位从业人员数以及交通运输、仓储和邮政业单位从业人员数总和与制造业和采矿业单位从业人员总和的比值表征。本文采用熵值法对产业生态化指数进行综合评价。

表 1 产业生态化水平指标体系

目标层	一级指标	二级指标	
		指标名称	测度
产业生态化水平	产业经济系统	工业化发展程度	第二产业增加值/第三产业增加值
		产业规模化发展水平	第二第三产业增加值总额
		产业高级化水平	产业高级化指数
		产业外部依赖水平	人均实际利用外资
	生态环境系统	生态环境保护水平	人均公共绿地面积
		生态环境污染压力	人均工业废水排放量
		生态环境治理响应	一般工业固体废弃物综合利用率
		资源环境利用效率	万元 GDP 能耗

②解释变量:先进制造业服务化(Ser)。现有关于服务化水平的测度方法,主要包括三类:一是基于投入产出法,测算直接消耗系数和完全消耗

系数^[35],适用于产业层面研究;二是基于增加值视角,测算制造业内涵服务增加值占制造业总增加值比重^[36],适用于产业层面的研究,且可细分行业,但其数据多基于 WIOD 数据库获得,而该数据库最新数据为 2016 版发布的 2000—2014 年世界投入产出数据,时间偏早;三是测算服务业务收入占企业营业收入比重^[37],适用于企业层面的研究。本文针对先进制造业进行产业层面的研究,综合考虑数据的可获得性原则,选择通过测算先进制造业对生产性服务业的完全消耗系数表征先进制造业服务化水平。具体公式如下:

$$a_{ij} = \frac{q_{ij}}{Q_j} \quad (6)$$

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1i} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{j1} & \cdots & a_{ij} \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$b_{ij} = a_{ij} + \sum_{k=1}^n a_{ik} a_{kj} + \sum_{s=1}^n \sum_{k=1}^n a_{is} a_{sk} a_{kj} + \cdots \quad (8)$$

$$B = A + A^2 + A^3 + A^4 + \cdots = (I - A)^{-1} - I \quad (9)$$

式(6)中, a_{ij} 表示先进制造行业 j 对服务行业 i 的直接消耗系数; q_{ij} 表示先进制造行业 j 生产产量 Q_j 需要消耗服务行业 i 的服务数量。由投入产出数据可计算出式(7)的直接消耗系数矩阵 A 。式(8)中, b_{ij} 表示先进制造行业 j 对服务行业 i 的完全消耗系数;第二项 $\sum_{k=1}^n a_{ik} a_{kj}$ 表示第一轮间接消耗;第三项 $\sum_{s=1}^n \sum_{k=1}^n a_{is} a_{sk} a_{kj}$ 表示第二轮间接消耗;以此类推。式(9)中, B 表示完全消耗系数矩阵; A 为直接消耗系数矩阵; A^2 为第一轮间接消耗系数矩阵; A^k 表示第 $k-1$ 轮间接消耗系数矩阵; I 为单位矩阵。

③中介变量:本文的中介变量包括生产效率(PE)、污染排放强度(PEI)和技术创新(TI)。其中,借鉴刘奕辰等^[29]的做法,以先进制造业全员劳动生产率表征生产效率,并采用先进制造行业的工业企业增加值比从业人员总数衡量;以二氧化硫(SO_2)排放强度表征污染排放强度,并采用区域

工业 SO₂排放量与实际工业增加值的比值衡量;以先进制造业 R&D 经费表征技术创新水平。

④调节变量:本文的调节变量包括环境规制(*ER*)和服务业发展程度(*DSI*)。以地区环境污染治理投资额比地区工业总产值表征环境规制;以高端服务业产值占服务业产值比重表征服务业发展程度,二者比值越高,说明服务业发展程度越高。

⑤控制变量:为了避免因遗漏变量而产生的内生性问题,借鉴学者^[9-10]对产业生态化影响因素的研究,本文以工业集聚程度(*DIA*)、市场化程度(*DOM*)、基础设施水平(*IL*)及工业化结构(*IS*)为控制变量。其中,采用该区域工业增加值占 GDP 比重除以全国工业增加值占 GDP 比重衡量工业集聚程度,采用王小鲁、樊纲等编制的《中国分省份市场化指数报告》中的省域市场化指数表征市场化程度,采用固定资产投资与地区生产总值的比重表征基础设施水平,采用第二产业增加值占 GDP 比重表征工业化结构。

(三)数据来源说明

关于先进制造业行业类别,结合我国发布的相关政策及余鹏翼^[38]对先进制造业行业的界定,本文所研究的先进制造业行业包含化学原料及化学制品制造业,医药制造业,交通运输设备制造业,电气机械及器材制造业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业等,据此收集并计算得到相关数据。由于受到区域投入产出数据库的更新限制,本文采用 2007—2017 年中国 30 个省级行政区

(因部分数据缺失,研究未涉及西藏、香港、澳门和台湾)的投入产出数据及相关面板数据,数据来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国分省份市场化指数报告》,以及各省域工业、科技、环境统计年鉴等。对数据的处理原则如下:第一,为了减小方差,对生产效率、污染排放强度、技术创新、服务业发展程度 4 个变量进行取对数处理;第二,地区 GDP 以 2007 年为基期,根据地区生产总值指数平减为实际 GDP。

四、实证分析

(一)描述性统计及相关性分析

各变量的描述性统计及相关性分析如表 2、表 3 所示。

从表 3 中各变量的相关系数看,先进制造业服务化与产业生态化之间存在显著的正相关关系,各变量的方差膨胀因子(VIF)均小于 10,即变量间不存在多重共线性问题^[39]。

表 2 各变量的描述性统计

变量名称	样本量	最小值	最大值	平均值	标准差	中位数
产业生态化	120	0.104	0.445	0.197	0.063	0.181
服务化	120	0.07	2.363	0.298	0.225	0.257
生产效率	120	11.312	14.41	12.769	0.651	12.842
污染排放强度	120	0.79	8.117	4.884	1.324	5.015
技术创新	120	9.407	16.741	13.517	1.565	13.676
环境规制	120	0.01	0.156	0.039	0.025	0.031
服务业发展水平	120	4.699	10.703	7.815	1.201	7.883
工业集聚程度	120	0.332	6.81	0.989	0.568	0.984
市场化程度	120	1.111	17.28	7.393	3.072	6.98
基础设施水平	120	0.009	1.48	0.61	0.255	0.591
工业化结构	120	0.19	0.6	0.456	0.08	0.466

表 3 各变量的相关性分析

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
产业生态化	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
先进制造业服务化	0.167 *	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
生产效率	0.021 *	0.223 **	1	—	—	—	—	—	—	—	—
污染排放强度	-0.280 **	-0.096 *	0.022	1	—	—	—	—	—	—	—
技术创新	0.014 *	0.036 **	0.131	0.106	1	—	—	—	—	—	—
环境规制	-0.055 *	0.069 *	-0.099	0.584 **	-0.180 *	1	—	—	—	—	—
服务业发展水平	0.702 **	0.108 *	0.061	-0.458 **	-0.023	-0.237 **	1	—	—	—	—
工业集聚程度	0.616 **	0.069	-0.277 **	0.364 **	0.099	0.07	-0.715 **	1	—	—	—
市场化程度	0.606 **	0.088	-0.112	0.495 **	0.292 **	0.124	-0.786 **	0.904 **	1	—	—
基础设施水平	0.783 **	0.094	-0.147	0.257 **	-0.126	0.023	-0.833 **	0.790 **	0.741 **	1	—
工业化结构	-0.108	-0.1	-0.441 **	0.209 *	0.221 *	0.098	0.189 *	0.176	-0.014	-0.12	1
VIF	—	1.086	2.117	1.705	2.352	1.724	5.348	2.123	4.123	1.614	1.765

注:**、* 分别表示在 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义;括号内为 t 值。

(二) 直接作用检验

先进制造业服务化对产业生态化的直接作用检验结果如表 4 所示。

表 4 先进制造业服务化对产业生态化的直接作用检验

变量名称	模型 1
	<i>EI</i>
解释变量	
<i>Ser</i>	0.028 * (1.741)
控制变量	
<i>DIA</i>	0.009 (1.347)
<i>DOM</i>	0.016 *** (13.596)
<i>IL</i>	-0.016 * (-1.091)
<i>IS</i>	-0.012 * (-0.267)
<i>Cov</i>	0.076 *** (2.997)
<i>N</i>	120
<i>R</i> ²	0.634
调整 <i>R</i> ²	0.618
<i>F</i> 值	$F(5,114) = 39.444$, $p = 0.000$

注：***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义；括号内为 t 值。

由表 4 模型 1 可知,先进制造业服务化对产业生态化的回归系数为 0.028,且 $p < 0.1$,说明先进制造业服务化能够显著促进产业生态化发展,假设 1 成立,即先进制造业服务化对产业生态化具有显著的正向促进效应。究其原因,先进制造业实施服务化转型升级有助于构建先进制造业与生产性服务业之间的紧密的产业关联机制和信任合作关系,先进制造业具有技术先进、管理先进等明显优势,能够带动生产性服务业提质增效,实现知识资本和人力资本的大规模流动,进而提高资源利用率。同时,先进制造业进行服务化转型升级有助于驱动产业价值链重构,减少高污染、高排放的低端生产^[40],进而降低生产活动中的资源投入强度,加速构建清洁高效的生产运营体系,促进产业生态化发展。

(三) 稳健性检验

为确保基准回归结果的可靠性,本文从多方面进行稳健性检验,首先,使用熵权 TOPSIS 法对产业生态化评价指标体系进行赋权,并重新测算产业生态化水平指数,回归结果如表 5 模型 2 所示。其次,借鉴张媛媛等^[8]对产业生态化水平的测度,基于产业生态化理论视角,从经济因素、社

会因素和自然环境因素三方面构建产业生态化水平的评价指标体系,采用熵值法对产业生态化水平进行测度,回归结果如表 5 模型 3 所示。最后,由于各省市的先进制造业服务化水平存在差异性,为了剔除一些极端值对回归结果的影响,对先进制造业服务化水平进行 5% 的缩尾处理,具体回归结果如表 5 模型 4 所示。

表 5 稳健性检验结果

变量名称	模型 2	模型 3	模型 4
	<i>EI</i>	<i>EI</i>	<i>EI</i>
解释变量			
<i>Ser</i>	0.072 ** (2.607)	0.077 *** (3.218)	—
<i>Ser_0.05</i>	—	—	0.082 ** (2.431)
控制变量			
<i>DIA</i>	0.014 (1.227)	0.021 ** (2.145)	0.009 (1.338)
<i>DOM</i>	0.015 *** (7.638)	0.021 *** (12.168)	0.016 *** (13.127)
<i>IL</i>	-0.005 (-0.188)	0.012 (0.552)	-0.018 (-1.252)
<i>IS</i>	0.033 (0.415)	0.071 (1.021)	0.021 (0.426)
<i>Cov</i>	0.121 *** (2.800)	0.118 *** (3.156)	0.051 * (1.790)
<i>N</i>	120	120	120
<i>R</i> ²	0.378	0.595	0.642
调整 <i>R</i> ²	0.351	0.577	0.627
<i>F</i> 值	$F(5,114) = 13.856$, $p = 0.000$	$F(5,114) = 33.482$, $p = 0.000$	$F(5,114) = 40.975$, $p = 0.000$

注：***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义；括号内为 t 值。

由表 5 模型 2 可知,更换评价方法后再进行回归,先进制造业服务化对产业生态化的回归系数为 0.072,且 $p < 0.05$,在 95% 的置信区间内显著为正,即先进制造业服务化对产业生态化具有显著的正向促进作用;由表 5 模型 3 可知,对产业生态化水平的评价指标体系更换后,先进制造业服务化对产业生态化的回归系数变为 0.077,且 $p < 0.01$,在 99% 的置信区间内显著为正,与前文基准回归结果保持一致;由表 5 模型 4 可知,对先进制造业服务化进行缩尾处理后,回归结果仍显著,说明该基准回归模型通过了稳健性检验。

五、进一步讨论

(一) 机制检验

1. 中介作用检验

生产效率、污染排放强度及技术创新在先进制造业服务化与产业生态化之间发挥中介作用的

检验结果如表6所示。

表6 中介作用检验结果

变量名称	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10
	PE	EI	PEI	EI	TI	EI
解释变量						
Ser	0.147 * (0.741)	0.125 ** (1.602)	-0.016 * (-0.065)	0.029 * (1.750)	0.112 * (0.322)	0.032 ** (1.833)
中介变量						
PE	—	0.019 ** (2.529)	—	—	—	—
PEI	—	—	—	-0.011 * (-1.917)	—	—
TI	—	—	—	—	—	0.000 *** (2.803)
控制变量						
DIA	0.252 *** (3.093)	0.004 (0.620)	-0.498 *** (-4.782)	0.003 (0.460)	0.449 *** (3.137)	-0.006 (-0.944)
DOM	0.1060 *** (4.121)	0.015 *** (12.070)	-0.359 *** (-19.355)	0.012 *** (4.965)	0.426 *** (16.687)	0.013 *** (7.727)
IL	1.532 *** (8.627)	-0.045 ** (-2.458)	-1.409 *** (-6.212)	-0.032 * (-1.918)	0.339 (1.088)	-0.016 (-1.105)
IS	1.134 ** (1.983)	-0.034 (-0.730)	2.677 *** (3.665)	0.018 (0.367)	4.598 *** (4.580)	-0.025 (-0.558)
Cov	10.581 *** (34.190)	-0.124 (-1.499)	7.679 *** (19.429)	0.163 *** (3.140)	7.588 *** (13.971)	0.100 *** (3.844)
N	120	120	120	120	120	120
R ²	0.481	0.653	0.795	0.645	0.518	0.658
调整 R ²	0.458	0.635	0.786	0.626	0.497	0.639
F 值	F(5,114) = 21.092, p=0.000	F(6,113) = 35.491, p=0.000	F(5,114) = 88.437, p=0.000	F(6,113) = 34.254, p=0.000	F(5,114) = 59.473, p=0.000	F(6,113) = 36.953, p=0.000

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义;括号内为 t 值。

对比模型1、模型5以及模型6可知,先进制造业服务化对生产效率的回归系数为0.147,且 $p < 0.1$,说明先进制造业服务化能够促进生产效率提升。在加入生产效率这一中介变量之后,先进制造业服务化对产业生态化的回归系数为0.125,且 $p < 0.05$,生产效率对产业生态化的回归系数为0.019,且 $p < 0.05$,说明生产效率在先进制造业服务化与产业生态化关系中起到部分中介作用,即生产效率是先进制造业服务化促进产业生态化的一条路径,假设2成立。由于先进制造业进行服务化转型升级能够驱动要素投入,派生出了多样化的先进制造业服务化需求,实现了先进制造业结构升级的螺旋式增长,深化专业化分工,促使先进制造业专注核心竞争优势的塑造,提升生产效率,降低交易成本,提高生产要素配置效率,以更精细化、绿色化的生产流程满足客户个性化需求,进而能够促进产业生态化发展。

对比模型1、模型7以及模型8可知,先进制造业服务化对污染排放强度的回归系数为-0.016,且 $p < 0.1$,说明先进制造业服务化能够降低污染排放强度,且加入污染排放强度这一中介变量之后,先进制造业服务化对产业生态化的回归系数为0.029,且 $p < 0.1$,污染排放强度对产业生态化的回归系数为-0.011,且 $p < 0.1$,说明污染排放强

度在先进制造业服务化与产业生态化关系中起到部分中介作用,即污染排放强度是先进制造业服务化促进产业生态化的一条路径,假设3成立。究其根本,高附加值的先进技术及高质量生产性服务投入带来的先进知识、信息等要素融入制造业价值创造活动,能够显著提升产品的技术复杂度,增强先进制造业价值增值能力,以顾客绿色需求为导向改革产品生产流程,减少生产流程中的污染物排放,实现环境的改善,进一步促进产业生态化发展。

对比模型1、模型9以及模型10可知,先进制造业服务化对技术创新的回归系数为0.112,且 $p < 0.1$,说明先进制造业服务化能够促进技术创新水平提升。加入技术创新这一中介变量之后,先进制造业服务化对产业生态化的回归系数为0.032,且 $p < 0.05$,技术创新对产业生态化的回归系数为0.000,且 $p < 0.01$,说明技术创新在先进制造业服务化与产业生态化关系中起到部分中介作用,即技术创新是先进制造业服务化促进产业生态化发展的一条路径,假设4成立。先进制造业服务化推动了先进制造业与生产性服务业深度融合,能够构建稳定的研发合作机制,吸纳外部异质性知识,推动生产技术革新,催生更多创新成果,实现技术进步,使得先进制造业能够采用更先进的生产方式提高要素产出效率,进而有利于提高资源利用效率,减少污染,实现产业生态化发展。

2. 调节作用检验

环境规制及服务业发展程度对先进制造业服务化与产业生态化之间的直接效应的调节作用检验结果如表7所示。

由模型1、模型11以及模型12可知,先进制造业服务化与环境规制的交互项对产业生态化的回归系数为0.133,且 $p < 0.1$,说明环境规制对能够正向调节先进制造业服务化与产业生态化之间的直接作用,即相比于“弱”环境规制,先进制造业服务化在“强”环境规制下对产业生态化的促进作用更强,假设5成立。由模型1、模型13以及模型14可知,先进制造业服务化与服务业发展程度的交互项对产业生态化的回归系数为0.000,且 $p < 0.01$,说明服务业发展程度对先进制造业服务化与产业生态化之间的直接作用起到正向调节作

用,即相比于“弱”服务业发展水平,先进制造业服务化在“强”服务业发展水平下对产业生态化的促进作用更强,假设6成立。在先进制造业实施服务化过程中,环境规制能够倒逼其改善生产流程中的资源浪费和污染物排放,进而从外部政策环境促进先进制造业生态化发展,且更高质量的生产性服务业融入先进制造业,能够为先进制造业发展带来更高价值的服务,满足客户多样化个性化服务需求,提高先进制造业盈利能力及运营效率,进而加速推进先进制造业服务化进程,促进产业生态化发展。

表 7 调节作用检验结果

变量名称	模型 11	模型 12	模型 13	模型 14
	<i>EI</i>	<i>EI</i>	<i>EI</i>	<i>EI</i>
解释变量				
<i>Ser</i>	0.028 * (1.741)	0.029 * (1.529)	0.030 * (1.971)	0.045 *** (2.888)
调节变量				
<i>ER</i>	0.393 ** (2.281)	0.476 ** (2.454)	—	—
<i>ER × Ser</i>	—	0.133 * (0.932)	—	—
<i>DSI</i>	—	—	0.000 *** (3.783)	0.000 *** (4.010)
<i>DSI × Ser</i>	—	—	—	0.000 *** (2.897)
控制变量				
<i>DOM</i>	0.017 *** (13.992)	0.017 *** (14.011)	0.525 *** (5.556)	0.010 *** (5.784)
<i>DIA</i>	0.004 (0.635)	0.002 (0.313)	-0.026 ** (-2.339)	-0.020 * (-1.845)
<i>IL</i>	-0.023 * (3.606)	-0.025 ** (-1.717)	-0.023 * (-1.684)	-0.019 (-1.388)
<i>IS</i>	0.053 (0.974)	0.061 (1.107)	0.072 (1.458)	0.080 (1.658)
<i>F</i> 值	<i>F</i> (6,113) =34.949, <i>p</i> =0.000	<i>F</i> (7,112) =30.046, <i>p</i> =0.000	<i>F</i> (6,113) =39.092, <i>p</i> =0.000	<i>F</i> (7,112) =36.898, <i>p</i> =0.000

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义,括号内为 *t* 值。

综合以上各模型的回归结果,证实先进制造业服务化能够通过生产效率、污染排放强度、技术创新三条路径推动产业生态化发展。除此之外,环境规制与服务业发展程度两个情景变量能够显著调节先进制造业服务化对产业生态化的直接效应。

(二)地区异质性分析

综合考虑我国不同地区先进制造业发展水平存在差异,影响着先进制造业服务化程度,进而导致各地区产业生态化水平有所不同。为此,本文按照国家统计局划分标准,将我国 30 个省级行政区(因部分数据缺失,研究未涉及西藏、香港、澳门

和台湾)按照东部、中部、西部进行划分,对先进制造业服务化对产业生态化的促进作用进行地区异质性分析,具体结果如表 8 所示。

表 8 地区异质性分析结果

变量名称	东部	中部	西部
	<i>EI</i>	<i>EI</i>	<i>EI</i>
<i>Ser</i>	0.086 * (1.701)	0.006 (0.452)	0.107 ** (2.445)
<i>DIA</i>	-0.042 (-0.479)	0.093 (1.665)	0.007 * (1.727)
<i>DOM</i>	0.019 *** (7.275)	0.005 (0.826)	0.006 *** (3.363)
<i>IL</i>	0.013 (0.352)	-0.157 (-1.178)	-0.003 (-0.181)
<i>IS</i>	0.022 (0.113)	0.032 (0.854)	0.312 *** (4.267)
<i>Cov</i>	0.054 (0.908)	0.114 *** (3.386)	0.051 * (1.790)
<i>N</i>	48	28	44
<i>R</i> ²	0.672	0.533	0.474
调整 <i>R</i> ²	0.633	0.427	0.405
<i>F</i> 值	<i>F</i> (5,42) = 17.235, <i>p</i> = 0.000	<i>F</i> (5,22) = 5.029, <i>p</i> = 0.000	<i>F</i> (5,38) = 6.856, <i>p</i> = 0.000

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义;括号内为 *t* 值。

由表 8 回归结果可知,先进制造业服务化对产业生态化的影响作用存在地区异质性。在东部地区与西部地区,先进制造业服务化均能够显著促进产业生态化水平。东部地区是我国智能制造的发展高地,应充分发挥其引领带动作用,增强先进制造业服务化对产业生态化的正向促进作用。近年来,西部地区工业保持较快增长态势,为先进制造业服务化发展提供良好经济环境,但从可持续发展的高度审视,西部地区在产业发展中存在着资源优势弱化、资源环境绩效水平低、区域生态环境恶化等不容忽视的资源环境问题^[14],通过先进制造业服务化促进西部地区产业生态化是其转变经济增长方式的关键举措。而在中部地区,先进制造业服务化对产业生态化水平的促进作用并不显著,这可能由于中部地区作为先进制造业基地,在数据统计年份正处于承接东部地区产业转移和加快培育新兴产业阶段,致力于实现特色优势产业的跨越式发展,更侧重于发展和崛起先进制造业,先进制造业服务化水平还有待进一步提高,因此,对产业生态化水平的促进效应尚未显现。

六、研究结论与对策建议

(一)研究结论

一是先进制造业服务化能够显著提升产业生

态化水平;二是生产效率、污染排放强度与技术创新在先进制造业服务化与产业生态化之间起中介作用,先进制造业服务化能够通过提高生产效率、降低污染排放强度、促进技术创新三条路径实现产业生态化;三是环境规制和服务业发展程度能够正向调节先进制造业服务化与产业生态化之间的直接作用,是先进制造业服务化促进产业生态化发展的边界条件,相比于“弱”环境规制和服务业发展程度,在“强”环境规制和服务业发展程度的情景下,先进制造业服务化对产业生态化发展的促进作用更大。

(二) 对策建议

第一,推动先进制造业服务化高质量发展。一方面,先进制造业企业要提升内部服务意识、塑造服务型组织架构、对企业资源进行重新编排与整合,通过一系列组织变革行为提升企业服务设计、开发和提供能力;另一方面,全面贯彻落实构建优质高效的服务业新体系,推动先进制造业不断强化与高端服务业的互动融合,尤其是通过加强大数据、工业互联网、5G 等现代信息技术在先进制造企业产品全生命周期中的应用,发挥工业互联网、5G 等现代信息技术在对接产品与服务、联通企业与客户过程的显著优势,从而赋能服务创新、催生新业态,据此推动先进制造业服务化高质量发展。

第二,促进先进制造业发挥自身优势,打通先进制造业服务化促进产业生态化发展的路径,推动现代化产业体系实现产业融合、绿色低碳发展。一方面,先进制造业企业应积极利用工业互联网等新一代信息技术赋能新制造,提升企业全生命周期管理能力,以实现生产效率提升;另一方面,重构以绿色发展为导向的产业链条,加强资源节约型与环保型产品服务系统的构建力度,以实现污染排放强度降低。此外,要以技术创新为着力点,积极搭建技术创新平台并提升知识共享水平,据此促进先进制造业技术创新能力提升。打通先进制造业服务化促进产业生态化发展的路径,有利于推动先进制造业高效化、绿色化、高端化转型,将先进制造业发展成为新质生产力,从而夯实以实体经济为主导的现代化产业体系建设,形成社会经济收益与生态化收益的双赢局面。

第三,进一步加强环境规制强度,提升服务业发展水平。在环境规制方面,政府要明确政策导

向,提升制定环境保护政策的创新性及执行环境保护政策的主动性。同时,政府还应合理配置不同类型的环境规制政策,制定产业服务化和生态化协同发展政策,以强化协同联动和放大组合效应。此外,要扩大政策接受面并营造“强”环境规制情景,据此提升宏观政策支持高质量发展的效果。在促进服务业发展方面,政府要积极推进“互联网+”战略,培育和壮大服务业发展新动能。要坚定创新导向,加大高端服务业创新投入力度,加快技术进步速率,从而支持我国高端服务业发展。在足够的环境规制约束力及服务业发展强度推动力作用下,综合先进制造业先天优势,有利于培育新的未来产业增长极,有效推进我国现代化产业体系实现生态化可持续发展。

参考文献:

- [1] 魏巍, 陈志国, 孙春生, 等. 京津冀产业生态化水平测度及时空动态演变[J]. 统计与决策, 2020, 36(21): 110-113.
- [2] 许冬兰, 张新阔. 中国制造业服务化的绿色福利效应研究: 基于污染改善与环境 TFP 双重视角[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2021, 21(4): 56-72.
- [3] JIN M Z, TANG R Z, JI Y J, et al. Impact of advanced manufacturing on sustainability: an overview of the special volume on advanced manufacturing for sustainability and low fossil carbon emissions [J]. Journal of cleaner production, 2017, 25(161): 69-74.
- [4] HASSAN B S, AZMAWANI A R, NG S I. Effect of advanced manufacturing technology, concurrent engineering of product design, and supply chain performance of manufacturing companies [J]. The International journal of advanced manufacturing technology, 2016, 86(1/2/3/4): 663-669.
- [5] 谷平华, 刘志成. 考虑生态环境影响的区域工业生态化增长评价[J]. 系统工程, 2018, 36(9): 121-131.
- [6] LI X, LUO F Z. Dynamic measurement analysis of urban innovation ability and ecological efficiency in China [J]. Complexity, 2022: 6049629.
- [7] WANG J K, HAN Q, WU K X, et al. Spatial-temporal patterns and evolution characteristics of the coordinated development of industrial economy, natural resources and environment in China [J]. Resources policy, 2022(75): 102463.
- [8] 张媛媛, 袁奋强, 刘东皇, 等. 产业生态化水平的测度及其影响因素研究[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(10): 2331-2339.
- [9] MENG F X, GUO J L, GUO Z Q, et al. Urban ecological

transition; the practice of ecological civilization construction in China [J]. Science of the total environment, 2021(755): 142633.

[10]唐燕,孟繁珣. “城市矿产”产业生态效率动态演变特征与影响因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(6): 67-77.

[11]张雪梅. 西部地区生态效率测度及动态分析:基于2000—2010年省际数据[J]. 经济理论与经济管理, 2013, 33(2): 78-85.

[12]张昊,刘德佳. 数字化发展对先进制造企业服务创新的影响研究:基于企业动态能力视角[J]. 中国软科学, 2023, 38(3): 150-161.

[13]孙立缘,罗建强,杨慧. 面向价值共创的服务衍生供需决策优化研究[J]. 中国管理科学, 2019, 27(9): 160-168.

[14]解学梅,朱琪玮. 企业绿色创新实践如何破解“和谐共生”难题[J]. 管理世界, 2021, 37(1): 128-149,9.

[15]刘继国. 制造业企业投入服务化战略的影响因素及其绩效:理论框架与实证研究[J]. 管理学报, 2008, 5(2): 237-242.

[16]赵宸宇. 数字化发展与服务化转型:来自制造业上市公司的经验证据[J]. 南开管理评论, 2021, 24(2): 149-163.

[17]许和连,成丽红,孙天阳. 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[J]. 中国工业经济, 2017, 35(10): 62-80.

[18]李庆雪,刘德佳,张昊,等. 行业要素错配下企业服务化意愿与企业绩效:基于装备制造业上市公司的经验分析[J]. 中国软科学, 2021, 36(9): 128-136.

[19] REISKIN E D, WHITE A L, JOHNSON J K, et al. Servicizing the chemical supply chain [J]. Journal of industrial ecology, 1999, 3(2/3): 19-31.

[20] HAO M R, TANG Y D, ZHU S J. Effect of input servitization on carbon mitigation: evidence from China's manufacturing industry [J]. Environmental science and pollution research, 2022, 29(19): 27819-27831.

[21]祝树金,谢煜,吴德胜. 制造业服务化的节能效应及其中介机制研究[J]. 财贸经济, 2020, 41(11): 126-140.

[22]郭春娜,晏发发,陈宇游. 现代化经济体系下制造业资本配置效率的分解及差异性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(9): 62-79.

[23]王成东,孟浩,蔡渊渊. 服务化水平、动态能力与服务化绩效:基于中国高端装备制造企业的实证研究[J]. 科技与管理, 2023, 25(1): 24-33.

[24]原嫒,席强敏,李国平. 产业关联水平对碳排放演化的影响机理及效应研究:基于欧盟27国投入产出数据的实证分析[J]. 自然资源学报, 2017, 32(5): 841-853.

[25]韩霞,吴玥乐. 价值链重构视角下航空制造业服务化发展模式分析[J]. 中国软科学, 2018, 33(3): 166-173.

[26]周念利. 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[J]. 金融研究, 2014, 57(9): 84-98.

[27]王莉静,王庆玲. 高技术产业技术引进消化吸收再创新分阶段投入与产出关系研究:基于分行业数据的实证研究[J]. 中国软科学, 2019, 34(1): 184-192.

[28]李庆雪,綦天熠,王莉静,等. 先进制造企业服务创新转型演进逻辑及驱动机制研究:基于企业资源与能力视角[J]. 科研管理, 2023, 44(8): 47-56.

[29]刘奕辰,栾维新,万述林. 制造业服务化是否匹配制造业生产效率:基于联立方程的多重中介效应实证[J]. 山西财经大学学报, 2020, 42(1): 56-71.

[30]祝树金,罗彦,段文静. 服务型制造、加成率分布与资源配置效率[J]. 中国工业经济, 2021, 39(4): 62-80.

[31]陈伟,陈银忠,杨柏. 制造业服务化、知识资本与技术创新[J]. 科研管理, 2021, 42(8): 17-25.

[32]武建龙,鲍萌萌,杨仲基. 新兴产业颠覆性创新政策组合作用机制研究:基于创新生态系统视角[J]. 中国软科学, 2023, 38(7): 44-55.

[33]王云,李延喜,马壮,等. 环境行政处罚能以儆效尤吗?:同伴影响视角下环境规制的威慑效应研究[J]. 管理科学学报, 2020, 23(1): 77-95.

[34]温忠麟,侯杰泰,张雷. 调节效应与中介效应的比较和应用[J]. 心理学报, 2005, 50(2): 268-274.

[35] PARK S H. Intersectoral relationships between manufacturing and services: new evidence from selected pacific basin countries [J]. ASEAN economic bulletin, 1994, 10(3): 245-263.

[36]戴翔. 中国制造业出口内涵服务价值演进及因素决定[J]. 经济研究, 2016, 51(9): 44-57,174.

[37] CROZET M, MILET E. Should everybody be in services? the effect of servitization on manufacturing firm performance [J]. Journal of economics & management strategy, 2017, 26(4): 820-841.

[38]余鹏翼,李学沛,白洛凡,等. 技术获取型跨国并购的双向效应与企业全要素生产率:以先进制造业为例[J]. 中国软科学, 2022, 37(2): 116-126.

[39]周燕芳,温有栋,杨君. 城镇居民未来物价预期指数影响因素研究[J]. 统计与决策, 2020, 36(4): 40-44.

[40] SUN C W, LI Z, MA T M, et al. Carbon efficiency and international specialization position: evidence from global value chain position index of manufacture [J]. Energy policy, 2019(128): 235-242.

(本文责编:辛 城)