

产业关联是否能有效减少碳排放？

——以生产性服务业对制造业的关联互动为视角

卢雨婷 黄茂兴

摘要 产业间的关联互动是区域经济发展的关键，同时会带来碳排放的增加。基于生产性服务业对中间品供需及高科技信息承载的贡献程度，将其划分为生产服务业和创新服务业，研究这两类服务业对制造业的关联分别对减少碳排放的影响机制，并从产业间供需关系出发，进一步研究这两类服务业对制造业关联的前向情形和后向情形分别对碳排放的影响。研究发现，首先，生产服务业对制造业关联度与碳排放之间呈倒N型关系，创新服务业对制造业关联度与碳排放之间呈U型关系。其次，能源消费规模会抑制产业关联对碳减排的促进作用，能源消费结构的优化有助于增强产业关联对碳减排的促进作用。结合考虑产业间供需关系，在生产服务业对制造业的前向关联与碳排放关系中，能源消费规模和消费结构的中介抑制作用均较弱；在创新服务业对制造业的后向关联与碳排放关系中，能源消费结构的抑制作用也较弱。据此，从推进多元服务业协同发展方面提出尽早达到“碳排放”拐点的政策建议。

关键词 生产性服务业 制造业 产业关联 碳排放

[中图分类号] F40 [文献标识码] A [文章编号] 2097-454X(2024)02-0047-17

作为世界制造业第一大国，中国碳排放异常快速增长是工业化的直接结果，也是区域经济崛起与腾飞的伴生产物。2020年9月22日，习近平主席在第75届联合国大会上宣布“中国将提高国家自主贡献力度，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。”^①作为碳排放主体，中国制造业多为高污染、高能耗、高排放产业，面临严重的“低端锁定”。为降低碳排放，推动制造业智能化、绿色化转型成为关键路径，尤其是与低污染、高附加值的生产性服务业关联互动成为制造业转型升级的一个重要途径（韩民春等，2020；金永刚，2020）。生产性服务业一方面作为促成产品生产的中间品，推动物质要素有效配置，另一方面作为高科技信息传导者，提供设备优化、过程监测、能源管理等支持，与制造业的多层面关联互动能够促进产业间合作，有利于实现能源高效利用和低碳化发展。本文以生产性服务业对制造业的关联互动为视角，从生产性服务业对中间品供需及高科技信息承载的贡献程度出发，探讨不同类型的生产性服务业对制造业关联与碳排放之间的直接和间接影响机制差异，并进一步结合产业间供需关系，研究不同类型的生产性

【基金项目】福建省科技厅创新战略研究项目“推动福建高技术服务业发展的产业链与科技创新耦合成效、机制研究”（批准号：2022R0095）。

【作者简介】卢雨婷，福建社会科学院助理研究员，博士，邮政编码：350001；黄茂兴，福建社会科学院副院长，福建师范大学经济学院教授、博士生导师，邮政编码：350001。

致谢：感谢审稿专家匿名评审。

① 习近平：《在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话》，《人民日报》2020年09月23日03版。

服务业对制造业关联的前向情形和后向情形分别对碳排放的影响,对拓展碳减排的多元协同路径、加强产业协同减排、实现低碳绿色可持续发展具有重要现实意义。

一、文献综述

当前,学界围绕生产性服务业与制造业的关联互动影响碳排放的研究主要从以下三方面展开。首先,为探讨生产性服务业嵌入制造业背景下的碳减排效应,有学者关注到制造业服务化、制造业转型升级影响碳排放的问题。制造业生产过程中的服务要素投入有助于形成具有生态效率、可持续的产出体系(WBCSD, 1996; 刘斌等, 2021)。作为生产要素供给侧结构性改革的新路径,制造业服务化可以促进产品升级,减少非合意性产出,提升能源利用率,降低经济发展对能源的过度依赖,从而纾解碳排放引致的污染困境(Abdul-Rashid et al., 2017; Doni et al., 2019; 黄玉霞、谢建国, 2019)。这类研究多聚焦制造业企业的内部变革和外包策略,缺乏考虑不同产业之间的协同。为此,有学者关注生产性服务业与制造业协同融合影响碳排放的问题,由此产生该类研究的第二个视角。在“两业”协同融合过程中,大量制造商将内部效率低下的生产性服务外包(陈艳莹等, 2009),使得仓储物流、金融审计等服务成本远低于制造商内设这些部门所付出的成本(王思语等, 2019),专业化服务供给如研发设计、市场营销也会给制造业创造新的价值增值点(尹洪涛, 2015),以更少的资源消耗实现期望的生产性服务功能和更高的经济效益(陈艳莹等, 2009),并达到降低碳排放水平的目的。这类研究聚焦两个产业间的整体合作与创新,对制造业产业链上下游关系、产品供需关系及其与服务业在具体环节上的协作互动问题考虑不足。由此,有学者关注产业关联影响碳排放问题,形成该类研究的第三个视角。由于产业之间的相互依赖,碳排放具备传导复杂网络结构的产业关联及转移特征(张帅等, 2019),推动碳排放行业间发生转移,且产业部门间的碳转移或隐含碳是产业部门碳排放的主要组成部分(张同斌等, 2019; 宋金昭等, 2019; Lenzen, 1998)。物流业、交通运输业等的碳排放除自身消耗能源产生的直接碳排放外,还包括使用来自其他产业的中间品而形成的间接碳排放(Du et al., 2019; Zhang et al., 2021; 韩丽萍等, 2022)。相当数量的工业部门碳排放是跟随产业链和中间品使用而转移到其他部门,并非用于满足工业部门本身的最终需求(杨顺顺, 2015; 杨柏等, 2023)。原嫒等(2017)指出产业关联水平对碳排放的影响特征及其趋势更接近于碳排放在经济驱动下的演进规律。因此,这类研究考虑了特定产业的上下游关系、产品供需关系及其与服务业在具体环节上的协作互动,为本研究进一步从生产性服务业对中间品供需及高科技信息承载的贡献程度出发,研究不同类型的生产性服务业对制造业关联与碳排放之间的影响机制差异打下坚实基础。

围绕产业关联影响碳排放的研究结论,还存在一定争议,主要有三类观点。一是认为制造业的中心性特征使行业之间的产业关联和碳排放联系增强,最终使制造业碳排放总量上升(张同斌等, 2019)。二是生产性服务业与制造业的关联发展有利于降低碳排放。制造业将位于价值链高端的生产性服务业融合到自身产业链,实现产品和服务的价值增值(倪鹏飞等, 2019),推动制造业向价值链上游延伸(崔日明等, 2020),实现转型升级和智能化、绿色化生产(刘维刚等, 2018),提升制造业生产率,减少资源消耗,降低碳排放强度(黄玉霞等, 2019)。三是产业碳排放效应存在异质性,具体表现为不同行业变化对节能减排的影响不同(Talukdar et al., 2020),产业多样化发展和关联度提升使得区域经济发展过程中的碳排放呈非线性演化特征(原嫒等, 2017)。

本文从生产性服务业对中间品供需及高科技信息承载的贡献程度出发,将其划分为生产服务业和创新服务业,以生产性服务业对制造业的关联互动为视角,理论探讨不同类型的生产性服务业对制造业关联与碳排放之间的直接和间接影响机制差异,并通过构建面板计量模型检验相关影响机

制。随后，从产业间供需关系和产品流向出发，进一步实证分析两类服务业对制造业关联的前向情形和后向情形分别对碳排放的影响效应。

二、研究假设

生产性服务业对制造业的关联互动改变了传统的垂直生产模式，使制造业从传统产品制造转型，实现集合战略咨询、先进设计、科技服务、物流和供应链管理、金融服务等要素的先进制造业。作为配套服务，生产性服务业内涵丰富的服务活动，包括产品设计、研发支持、原材料供应、加工生产、设备维护、运输仓储等服务，推动其与制造业形成不同关联形态的互动过程，演化产生不同的碳排放路径。为此，靳景等（2020）提出不同产业参与生产性服务业关联活动的方式不同，主要包括以技术、知识传导等为代表的创新关联和以产品市场为代表的产品供需关联。据此，依据服务业对中间品供需及高科技信息承载的贡献程度，可将生产性服务业划分为生产服务业和创新服务业。前者是向开展生产活动的组织提供与外部组织合作生产新产品的机会，后者是向开展创新活动的组织提供与外部组织合作生产知识与发展新技术的机会（付敬、朱桂龙，2014）。生产服务业与创新服务业分别与制造业互动形成的不同关联形态，所推动的碳排放过程的影响机理也存在差异。

（一）产业关联对碳排放的直接影响机理分析

生产服务业与创新服务业分别与制造业的关联互动对碳排放的直接影响主要是通过推动生产环节的各类服务嵌入、提升产业之间供需关系，推动制造业企业重新配置能源投入，进而影响碳排放的规模和效率。两者的影响效应主要取决于“关联补偿效应”和“成本效应”的此消彼长作用。

从生产服务业角度看，“关联补偿效应”是指其与制造业互动形成的各种关联形态在推动产业多样化与分工细化的基础上，有利于减少碳排放。在产业合作初期，“关联补偿效应”占主导地位。生产服务业通过提供中间要素配置服务，提升制造业对外部资源的充分利用；通过提供废弃物回收和再利用服务，实现资源循环利用，有效减少资源浪费。随着产业关联的进一步提升，生产服务业与制造业互动形成的各类关联，会导致部门增设、资源分散与利用率下降等问题，“成本效应”占主导地位，碳排放总量增加。生产服务业提供的物流、运输等服务会造成额外的资源消耗，过度包装、物流低效等问题也会增加资源消耗和工业碳排放。因此，该阶段下，分工过于细化和产业过于多样化，会导致每个细分领域或部门都需要独立的生产系统和设备以及独立的物料和资源供应链，致使资源重复采购，增加碳排放。但在技术创新驱动、管理优化推动下，关联补偿效应仍会再次凸显，生产服务业通过有效承担制造业的部分生产环节，使其专注于核心环节，从而推动碳减排。因此，生产服务业参与制造业关联对碳排放的影响呈现“下降—上升—下降”的非线性特征。据此，本文提出如下研究假说：

假设 H₁：生产服务业对制造业的关联与碳排放之间存在倒 N 型关系。

从创新服务业角度看，“关联补偿效应”反映服务业与制造业互动形成的多种关联在推动产业转型与分工专业化的基础上，对碳减排有促进作用；“成本效应”反映服务业与制造业的互动不够紧密，会导致创新过程、个性化需求等方面的协调困难，不利于减少碳排放。在产业互动初期，分工细化和产业多样化所增设的创新服务部门还不够健全，难以满足不同部门或细分领域的技术需求，技术交流和创新共享受限，影响低碳技术的应用和碳排放的减少，此时“成本效应”占据主导地位。同时，大量技术实验、测试和试错产生的废弃物也需要创新服务部门的技术协助，否则会对环境造成一定负面影响。随着技术创新扩散，技术应用逐渐成熟，创新服务部门的业务服务能力逐渐增强，能够通过提供市场调研、产品设计、技术支持、技术推广等服务，帮助制造业改进产品设

计、工艺流程并整合价值链，实现资源优化配置，关联补偿效应不断提升并占据主导地位。同时，创新服务业对数字化和智能化技术应用，可以帮助制造业优化生产过程、能源管理和供应链，实现碳减排。因此，创新服务业参与制造业关联对碳排放的影响呈现“先下降后上升”的非线性特征。据此，本文提出如下假说：

假设 H₂：创新服务业对制造业的关联与碳排放之间存在 U 型关系。

（二）产业关联对碳排放的间接影响机理分析

在制造业与生产服务业的互动过程中，如产前资源共享、产中过程监测、产后设备维护等环节，能源消费规模起到调节作用，这种作用有助于降低碳排放。产前，生产服务业通过建设生产设备、专用工具、生产线等资源共享平台，提供多工厂协同的共享制造服务、集聚中小企业共性制造需求的共享工厂以及以租代售、按需使用的设备共享服务，促进能源共享，降低能源消费规模。产中，作为制造业中间投入，以设计咨询、金融、物流、研发、云计算等要素形式嵌入制造业，监测、分析生产过程，优化企业能源管理方案。产后，生产服务业通过提供设备维护和优化服务，改进设备性能，确保制造业设备的高效运行，推动节能方案实施。

在制造业与创新服务业的互动过程中，如产前技术研发引领、产中技术咨询供给、产后设备优化提升等环节，能源消费规模也起到调节作用，这种作用也有助于实现碳减排。产前，创新服务业通过提供研发设计、技术转移、创业孵化、知识产权、科技咨询等服务，加速科技成果转化和产品升级，提高制造业能源使用效率，降低碳排放。产中，创新服务业提供的技术咨询供给，可以帮助制造业解决生产过程中遇到的技术瓶颈，进一步提高生产效率和产品质量，降低能源使用量。产后，通过设备优化提升，也可以降低制造业能源消耗，减少碳排放。据此，本文提出如下假说：

假设 H₃：在产业关联降低碳排放的过程中，能源消费规模对此起到负向调节作用。

相比较而言，生产服务业经过较长时间发展，已有较成熟的管理模式、技术支持和市场体系，往往为制造业提供更直接、更成熟的增值服务，能够显著提高制造业效率和生产力，更有利于降低能源消费规模。虽然创新服务业在制造业中扮演着越来越重要的角色，但创新服务涉及的前沿技术和创新概念更新迭代较快，服务提供者需要不断适应新技术的发展和市场需求，因此，其服务关联优化的过程相对不成熟。此外，创新服务的效果往往需要较长时间才能显现，其价值评估和风险管理也更为复杂。据此，本文提出如下假说：

假设 H₄：在产业关联降低碳排放的过程中，生产服务业与制造业关联情形下能源消费规模的调节效应比创新服务业与制造业关联情形下的调节效应大。

能源消费结构是指国民经济各部门所消费的每种能源数量占全部能源消费量的比重（许文立、孙磊，2023）。在减税优惠、绿色补贴支持等政策引导下，生产服务业和制造业能够推进清洁生产区域协同，提高非化石能源的消费比重，降低对煤炭等高污染能源的依赖，协同推动能源消费结构调整。同时，生产服务业所拥有的先进技术和管理经验能够通过优化用能和原料结构，推动企业循环式生产，加强产业间结构式耦合链接，持续降低单位产出能源消耗，从而减少碳排放。因此，若生产服务业对制造业的关联与碳排放之间关系呈负相关，那么能源消费结构会促进这种有利的负相关关系；当制造业对服务业过于依赖，尤其对高耗能和高排放服务的过度依赖，会形成环境不友好的能源消费结构，导致碳排放增加，即当两者关系为正相关时，能源消费结构会减弱这种不利的正相关关系。

创新服务业能够推动制造业转向更清洁、可再生能源，帮助制造业改善能源消费结构，减少对高碳能源依赖。首先，创新服务业通过提供研发、技术咨询等服务，优化产品生产结构和材料投入结构，改进制造业产品设计和工艺流程，为制造业提供绿色环保的能源使用方案，实现产前技术研发提升能源消费结构，达到碳减排目的。其次，创新服务业所拥有的专业技术知识，可以帮助制造

业评估、分析能源消耗结构，提供绿色环保的能源投入结构的咨询和推广服务，指导制造业实施节能措施，减少碳排放。最后，依据监测评估的实施效果，创新服务业能够帮助制造业优化升级现有设备，转向使用更清洁、可再生的能源，达到优化能源消费结构和减排目的。因此，本文提出以下假设：

假设 H₅：在产业关联降低碳排放的过程中，能源消费结构起到正向调节作用。

一般来说，相较能源消费规模的变化，能源消费结构调整需要更长的时间周期，这与创新服务业的发展周期相适应。创新服务业不仅能够推动技术革新，开发出更节能、更环保的新型技术和产品，有效提高能源使用效率，而且通过大数据、互联网等技术手段，能够分析和引导消费者的能源消费行为，帮助消费者形成更节能、更环保的消费习惯，降低能源消耗，优化能源消费结构。然而，生产服务业所提供的服务往往与实体产品的生产、运输和维护有关，且生产服务业的技术更新速度较慢，仍需要依赖创新服务业的技术研发服务支持，从而在一定程度上减缓生产服务业对能源消费结构优化的作用。因此，本文提出以下假设：

假设 H₆：在产业关联降低碳排放的过程中，创新服务业与制造业关联情形下能源消费结构的调节效应比生产服务业与制造业关联情形下的调节效应大。

基于上述分析，本文构建了生产性服务业对制造业的关联互动与碳排放之间的逻辑关系图，具体如图 1 所示。

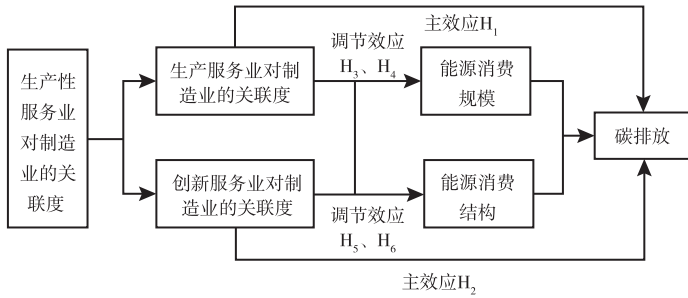


图 1 生产性服务业对制造业的关联互动与碳排放之间的逻辑关系

三、研究设计

(一) 模型构建

1. 非线性关系检验

为验证假说 H₁ 和 H₂ 是否成立，构建如下模型检验生产服务业和创新服务业分别对制造业的关联度与碳排放之间是否存在非线性关系。

$$carbon_{it} = \alpha + \beta_1 Chain_{it} + \beta_2 Chain_{it}^2 + \gamma Z_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$carbon_{it} = \alpha' + \beta'_1 Chain_{it} + \beta'_2 Chain_{it}^2 + \beta'_3 Chain_{it}^3 + \gamma' Z_{it} + \delta'_i + \delta'_t + \varepsilon'_{it} \quad (2)$$

其中， $Chain_{it}$ 包含 $Pchain$ 和 $Tchain$ 两个变量，分别代表 i 省份 t 年份生产服务业和创新服务业分别对制造业的关联度， $Chain_{it}^2$ 和 $Chain_{it}^3$ 分别表示其二次项和三次项。 $carbon_{it}$ 表示 i 省份 t 年份碳排放。为控制各省份时变因素特征对碳排放影响，进一步选取控制变量 Z ，包括固定资产投资额 ($\ln K$)、城镇人口比重 ($CZPOP$)、对外开放水平 ($OPEN$)、技术创新水平 ($\ln TECH$) 等。此外， δ_i 为省份固定效应， δ_t 为年份固定效应， ε_{it} 为随机扰动项。

2. 中介效应检验

为进一步验证生产性服务业对制造业的关联度对碳排放作用机制，检验假说 H₃—H₆，设定计量模型为：

$$carbon_{it} = \alpha'' + \beta_1'' chain_{it} + \beta_2'' chain_{it}^2 + \beta_3'' chain_{it}^3 + \beta_4'' M_{it} + \gamma'' Z_{it} + \delta_t'' + \delta_i'' + \varepsilon_{it}'' \quad (3)$$

其中， M_{it} 表示生产服务业（或创新服务业）对制造业的关联度对碳排放影响的中介变量，包括生产服务业对制造业关联度与能源消费规模的交乘项（ $intens_chain_1$ ）、创新服务业对制造业关联度与能源消费规模的交乘项（ $intens_chain_2$ ）、生产服务业对制造业关联度与能源消费结构的交乘项（ $stru_chain_1$ ）和创新服务业对制造业关联度与能源消费结构的交乘项（ $stru_chain_2$ ）这四个变量。

（二）变量说明

1. 被解释变量

碳排放源主要包括燃烧化石燃料产生的二氧化碳、工业生产过程产生的温室气体、废物处理、农业活动等，因此能源部门、工业部门、交通部门、建筑部门等是主要的碳排放部门。参考王香艳、李金叶（2022）的研究，采用碳排放规模（ $\ln CESC$ ）作为碳排放的代理变量，探讨生产性服务业对制造业关联是否能有效促进 CO₂ 减排。

2. 核心解释变量

非线性关系检验和中介效应检验部分的核心解释变量为生产性服务业对制造业的关联度。本文将生产性服务业按功能划分为生产服务业和创新服务业，为此得到两个核心解释变量，分别为生产服务业对制造业的关联度和创新服务业对制造业的关联度。借鉴李平等（李平、付一夫、张艳芳，2017）的研究，根据中国最新颁布的 2019 年《国民经济行业分类》（GB/T4754—2017）、《生产性服务业统计分类（2019）》，将交通运输和仓储业、软件和信息技术服务业、批发零售贸易业、金融业、租赁与商务服务业、科学研究和技术服务业、水利环境和公共设施管理业这 7 个部门归类为生产性服务业，并采用各省份投入产出表中各类服务业的中间需求率衡量。生产服务业反映企业开展生产制造活动所需要的服务投入，选取交通运输和仓储业、批发零售贸易业、金融业、租赁与商务服务业、水利环境和公共设施管理业这五类近似代表生产服务业。创新服务业反映企业为获得相关技术、设备或创新产品，向其他企业、大学和科研院所等组织索取服务（侯建、陈恒，2017），选取软件和信息技术服务业、科学研究和技术服务业这两类近似代表创新服务业。

依据服务业与制造业之间的上下游关系及供需关系差异，可将生产性服务业对制造业的关联度划分为前向关联度和后向关联度。进一步从生产服务业和创新服务业出发，分别求取两类服务业对制造业的前向关联度和后向关联度。其中，生产服务业对制造业的后向关联度反映国民经济生产服务部门增加一个单位的最终使用时，对国民经济各部门所产生的需求波及程度。后向关联度是从消耗部门出发追溯最终需求变动对各部门产生的波及影响，反映其与后续生产部门的关联程度，其计算公式为：

$$T_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij}} (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

其中， T_j 为 j 产业部门对其他产业部门的影响力系数， A_{ij} 为里昂惕夫逆矩阵 $(I - A)^{-1}$ 中第 i 行第 j 列的系数。产业影响力系数越大，表明该产业对其他产业的拉动作用越大。同理，可求得创新服务业对制造业的后向关联度。

生产服务业对制造业的前向关联度是指国民经济各部门每增加一个单位最终使用时，生产服务部门由此受到的需求感应程度，也就是生产服务部门为其他部门顺利开展生产活动而提供的产出

量。前向关联度是从生产部门出发，反映提供中间产品部门受各部门变动影响的状况，其计算公式为：

$$S_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n A_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij}} (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (5)$$

其中， S_i 为 i 产业部门受其他产业部门影响的感应度系数， A_{ij} 为第 i 行第 j 列的系数。

在各省份投入产出表中，制造业包括从“食品和烟草（代码 6）”到“金属制品、机械和设备修理服务（代码 23）”的产业。根据式（4）和式（5），计算得到生产服务业对制造业的关联度 $Pchain$ 和创新服务业对制造业的关联度 $Tchain$ ，其中生产服务业对制造业的关联度是后向关联度 $Pchain_1$ 与前向关联度 $Pchain_2$ 之和，创新服务业对制造业的关联度也是后向关联度 $Tchain_1$ 与前向关联度 $Tchain_2$ 之和。

3. 控制变量

为确保回归结果的稳健性，需要控制影响碳排放的其他变量。参考王香艳、李金叶（2022）及曹翔等（2021）的研究，选取如下控制变量。固定资产投资额（ $\ln K$ ）能够反映工业企业的发展规模和生产能力，即工业企业的发展规模越大，所使用能源规模也越大，越不利于碳减排，以全社会固定资产投资的对数值衡量。城镇人口比重（ $CZPOP$ ）以各省城镇人口占年末总人口的比重表征，城镇人口比重越大，能源消费规模相应越大，导致碳排放增加。对外开放水平（ $OPEN$ ）通过进出口贸易影响国内经济增长和环境质量，进而影响能源消费和碳排放，选用进出口贸易总额与 GDP 比值衡量。技术创新水平（ $\ln TECH$ ）以专利申请授权量衡量，能源利用技术创新越高，单位产量能耗越少，同时单位产量 CO₂ 排放也越少。产业结构（ $CYJG$ ）选用第三产业增加值与第二产业增加值之比衡量。一般地，第二产业占比越大，能源消费量和碳排放量越多。

4. 中介变量

借鉴 Wu 等（2019）的研究，采用能源消费总量衡量能源消费规模（ $\ln ECSC$ ），采用天然气消费量与能源消费总量之比衡量能源消费结构（ $ECST$ ）。相对于原煤和原油而言，天然气污染排放少，天然气占比越高表明能源消费结构越好，越有利于碳减排。

（三）数据来源

本文所用数据为中国各省份 2003—2021 年相关年份的面板数据。具体地，所使用的前向关联度和后向关联度数据为 2002、2005、2007、2010、2012、2015、2017、2020 年这 8 年各省份投入产出表核算得到的数据。因数据可得性等原因，研究未涉及香港、澳门、台湾和西藏地区。各指标数据主要源自《中国统计年鉴》、各省份投入产出表以及 CEADs 数据库，对于某指标个别年份缺失数据采用插值法或移动平均法补充。

四、实证结果分析

（一）产业关联对碳排放的直接影响效应的实证分析

考虑到数据间存在异方差、自相关性和组间截面相关的可能，仍继续采用混合 OLS、固定效应和随机效应模型进行估计会造成严重误差，综合各检验结果，本文采用可行广义最小二乘估计法（FGLS）对式（1）和式（2）进行估计，增强实证结果说服力（景维民、张璐，2014）。同时，为加强回归结果稳健性，本文将解释变量产业关联度的各次项依次引入直接效应模型进行回归。通过估计结果可以看出，其正负号及显著性并未出现较大变化，证实了本文选择的模型具有较强稳健性（见表 1）。

表 1 异方差和自相关检验

检验	检验对象	检验值	P 值	原假设	是否接受原假设
Modified Wald test	组间异方差	7529.98 (1950.44)	0.0000 (0.0000)	不存在组间异方差	否
Wooldridge test	组内自相关	119.279 (117.25)	0.0000 (0.0000)	不存在组内自相关	否
Friedman's test	组间同期相关	2.64 (3.98)	0.05 (0.01)	不存在组间同期相关	否

注：表中括号外的检验值和 P 值为生产服务业对制造业关联度与碳排放之间关系的相关检验结果，括号内的检验值和 P 值为创新服务业对制造业关联度与碳排放之间关系的相关检验结果。

通过表 2 第 2 至 4 列方程中的生产服务业对制造业关联度一次项、二次项和三次项的系数，发现生产服务业对制造业关联度与碳排放之间呈“下降—上升—下降”的倒 N 型非线性关系， H_1 成立。这表明就降低碳排放而言，不是生产服务业对制造业关联度越高越合适，也不是生产服务业对制造业关联度越低越有效，恰恰是中等适度的生产服务业对制造业关联度对减少碳排放是最优的，二者在中间阶段呈现正向关系。通过表 3 第 1 列至 3 列方程中的创新服务业对制造业关联度一次项、二次项和三次项的系数，发现创新服务业对制造业关联度与碳排放之间呈 U 型关系，假设 H_2 成立。这表明当创新服务业对制造业关联度达到一定临界值后，不利于降低碳排放水平。之所以产生这一结果，是因为创新服务业可以通过引入新技术、优化生产过程、优化供应链、物流和运输环节等可持续发展的解决方案，帮助制造业降低资源消耗，减少碳排放。但当创新服务业推动制造业需求提升时，制造业会过度生产，或创新服务业发展本身带来一些高碳服务需求的增加，如物流、快递运输等，抵消了制造业在减少碳排放方面的努力，导致资源消耗和碳排放增加。另外，为确保上述实证结果的无偏差和一致性，本文对模型中可能存在的内生性问题进行再检验，认为在该直接效应模型中产业结构调整指数会引起双向因果关系。据此，将这一变量的一阶和二阶滞后项作为工具变量，对模型（1）和模型（2）采用广义矩估计进行再估计（结果显示在表 2 和表 3 中），结果显示：所有参数的系数符号均和预期相符合，同时具有较好的显著性，并且 Hansen's J 过渡识别检验的 P 值时，接受原假设，即所有的工具变量均外生。

表 2 生产服务业对制造业的关联度对碳排放直接影响的实证结果

VARIABLES	lnECSC				
	混合 OLS	FGLS	FGLS	FGLS	GMM
Pchain		0.1029 (0.0301)	-0.9480 (0.1863)	-2.7072 * (1.4130)	-5.0093 ** (2.1027)
Pchain11			0.9527 (0.1512)	4.4258 * (2.3788)	4.0049 * (3.7486)
Pchain111				-2.2732 * (1.2825)	-3.0571 * (2.0611)
CZPOP	0.8099 *** (0.0626)	0.6786 *** (0.0271)	0.2716 *** (0.0564)	0.0600 ** (0.0400)	0.2587 *** (0.0971)
OPEN	0.0771 *** (0.0140)	-0.0534 * (0.0297)	-0.0745 ** (0.0298)	-0.0478 ** (0.0766)	-0.0224 ** (0.0712)
lnK	0.0877 *** (0.0091)	0.1251 *** (0.0196)	0.1507 *** (0.0143)	0.1824 *** (0.0212)	0.0494 *** (0.0787)

续表

VARIABLES	lnECSC				
	混合 OLS	FGLS	FGLS	FGLS	GMM
lnTECH	-0.1879 *** (0.0072)	-0.0662 *** (0.0154)	-0.1268 *** (0.0095)	-0.1457 *** (0.0181)	-0.0519 *** (0.0730)
CYJG	-0.1706 *** (0.0170)	-0.1045 *** (0.0215)	-0.0996 *** (0.0237)	-0.0875 ** (0.0341)	-0.5181 *** (0.1432)
Constant	6.8097 *** (0.0517)	6.8561 *** (0.0836)	6.6363 *** (0.1071)	6.6990 *** (0.3016)	7.4978 *** (1.3721)
Observations	240	240	240	240	240
Number of id	30	30	30	30	30

注：混合 OLS 估计方法中，括号内是 t 统计量；FGLS 估计方法中，括号内是 z 统计量。***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 显著性水平上拒绝原假设。

表 3 创新服务业对制造业的关联度对碳排放直接影响的实证结果

VARIABLES	lnECSC			
	FGLS	FGLS	FGLS	GMM
Tchain	-0.2050 (0.0663)	-0.4500 ** (0.1929)	-0.9254 *** (0.2312)	-0.4264 *** (0.4215)
Tchain11		0.2939 * (0.1624)	1.3121 ** (0.6289)	0.5624 * (0.3393)
Tchain111			-0.7702 (0.4887)	
CZPOP	0.8542 *** (0.0779)	0.5625 *** (0.0513)	0.6295 *** (0.0781)	
OPEN	0.1951 *** (0.0278)	0.1600 *** (0.0268)	0.2081 *** (0.0239)	0.0788 *** (0.0976)
lnK	0.2256 *** (0.0118)	0.1549 *** (0.0140)	0.1423 *** (0.0207)	0.0392 *** (0.0827)
lnTECH	-0.1032 *** (0.0092)	-0.1466 *** (0.0154)	-0.1361 *** (0.0150)	-0.0619 *** (0.0661)
CYJG	-0.2173 *** (0.0191)	-0.2066 *** (0.0225)	-0.1307 *** (0.0246)	-0.4026 *** (0.1313)
Constant	6.0680 *** (0.0825)	6.4548 *** (0.0876)	6.5842 *** (0.1230)	6.4500 *** (1.3081)
Observations	240	240	240	240
Number of id	30	30	30	30

注：括号内是 z 统计量，***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 显著性水平上拒绝原假设。

(二) 产业关联对碳排放的间接影响效应的实证分析

参照上一节检验方式，对模型（3）进行异方差、自相关及组间截面相关检验，具体结果如表 4 所示。根据检验结果，本文将继续采用 FGLS 进行验证，以有效规避上述问题的干扰。通过实证发现，在逐一加入各交互项进行回归时，控制变量的系数符号均不变，且显著性并未发生太大变化，说明该实证结果具有较强稳健性，并得到如下结论。

表4 异方差和自相关检验

检验	检验对象	检验值	P 值	原假设	是否接受原假设
Modified Wald test	组间异方差	2001.25 (1347.12)	0.0000 (0.0000)	不存在组间异方差	否
Wooldridge test	组内自相关	54.655 (101.042)	0.0000 (0.0000)	不存在组内自相关	否
Friedman's test	组间同期相关	215.86 (106.19)	0.0000 (0.0000)	不存在组间同期相关	否

注：表中括号外的检验值和P值为生产服务业对制造业关联度与碳排放之间关系的相关检验结果，括号内的检验值和P值为创新服务业对制造业关联度与碳排放之间关系的相关检验结果。

第一，能源消费规模抑制了产业关联对碳减排的促进作用。表5显示，能源消费规模与生产服务业对制造业关联度的交互项显著为正，能源消费规模对碳排放存在正向作用，造成这种结果的原因是生产服务业对制造业的关联度越高，意味着制造业的生产规模也越大，需要大量能源消耗，导致碳排放增加。同时，能源消费规模与创新服务业对制造业关联的交互项也显著为正，可能原因是创新服务业与制造业的关联增强，使得制造业的生产过程需要更多能源来满足创新服务需求，制造业的供应链也会变得更复杂。创新服务业的发展通常伴随数据处理、物流运输等活动增加，供应链的复杂化涉及更多物流、存储、配送等环节，这些活动均会增加制造业的生产能耗，导致碳排放增加，即 H_3 成立。对比来看，在生产服务业参与制造业关联情形下，能源消费规模对碳排放的调节效应为0.6421，而在创新服务业参与制造业关联情形下，能源消费规模的调节效应为0.4372，前者的效应水平大于后者，即 H_4 成立。

第二，能源消费结构加强了产业关联对碳减排的促进作用。从表5还可以看出，能源消费结构与两类服务业对制造业关联的交互项均显著为负，能源消费结构对碳排放存在负向作用，造成这种结果的原因可能是，对生产服务业而言，其与制造业的关联度增加能够推动供应链优化，形成更精细的生产流程，提升能源使用效率，降低碳排放，创新服务业通常以知识密集型、技术创新为特点，能源消耗量低，其与制造业的关联增强往往意味着更多高技术、低碳的服务需求，推动能源消费结构向清洁能源转型，包括增加可再生能源的使用比例或推广清洁能源技术，有助于降低碳排放，即 H_5 成立。对比来看，在生产服务业参与制造业关联情形下，能源消费结构的调节效应为-25.6544，而在创新服务业参与制造业关联情形下，能源消费结构的调节效应为-6.4270，前者的负效应水平显著大于后者，即 H_6 成立。

表5 产业关联对碳排放间接影响的实证结果

VARIABLES	lnECSC			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Pchain	-5.9850 *** (0.3048)		0.0951 *** (0.0301)	
intens_Pchain	0.6421 *** (0.0315)			
Tchain		-4.0391 *** (0.3406)		0.0452 (0.0547)
intens_Tchain		0.4372 *** (0.0364)		

续表

VARIABLES	lnECSC			
	(1)	(2)	(3)	(4)
stru_Pchain			-6.4270 *** (2.2972)	
stru_Tchain				-25.6544 *** (2.3001)
CZPOP	0.2482 ** (0.0987)	0.2195 ** (0.0988)	0.8966 *** (0.0400)	0.3323 *** (0.0652)
OPEN	0.0418 (0.0502)	0.0520 *** (0.0191)	-0.0541 * (0.0285)	0.1633 *** (0.0266)
lnK	0.0934 *** (0.0154)	0.1347 *** (0.0097)	0.0718 *** (0.0148)	0.1812 *** (0.0137)
lnTECH	0.0641 *** (0.0148)	0.0721 *** (0.0102)	0.0953 *** (0.0122)	0.1323 *** (0.0089)
CYJG	-0.1437 *** (0.0248)	-0.0764 *** (0.0201)	-0.0976 *** (0.0208)	-0.1447 *** (0.0144)
Constant	7.9751 *** (0.1024)	7.1502 *** (0.0693)	7.1930 *** (0.0651)	6.3930 *** (0.0775)
Observations	240	240	240	240
Number of id	30	30	30	30

注：括号内是 z 统计量，***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 显著性水平上拒绝原假设。

(三) 稳健性检验

本文选取碳排放效率作为碳排放的替代变量，用 *CEEF* 表示，且采用 FGLS 进行面板回归估计。从稳健性检验结果看，主要核心变量的符号以及显著性基本上保持不变，则可认为上述实证结果是稳健可靠的（见表 6）。

表 6 稳健性检验

VARIABLES	CEEF						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Pchain		0.0034 (0.0017)	-0.0047 (0.0072)	-0.1708 *** (0.0583)			
Pchain11			0.0087 (0.0073)	0.3343 *** (0.1209)			
Pchain111				-0.1938 ** (0.0770)			
Tchain					-0.0155 (0.0033)	-0.0052 *** (0.0095)	-0.0112 ** (0.0138)
Tchain11						0.0082 ** (0.0072)	-0.0182 * (0.0359)
Tchain111							0.0217 (0.0254)

续表

VARIABLES	CEEFF						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Constant	0.0759 *** (0.0050)	0.0669 *** (0.0036)	0.0713 *** (0.0057)	0.0870 *** (0.0096)	0.0854 *** (0.0064)	0.0832 *** (0.0072)	0.0794 *** (0.0053)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是
Observations	240	240	240	240	240	240	240
Number of id	30	30	30	30	30	30	30

注：括号内是 z 统计量，***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 显著性水平上拒绝原假设。

(四) 进一步分析

进一步从产业间上下游关系及供需关系看，生产服务业与创新服务业分别与制造业的关联均存在后向关联和前向关联两种情形。后向关联能够衡量该部门的最终需求对供应链上游部门生产和 CO₂ 排放的拉动作用，前向关联可衡量该部门的最初投入对供应链下游部门生产和 CO₂ 排放的驱动影响。对两类服务业分别对制造业的关联度与碳排放之间关系的进一步回归，得到如表 7—表 9 的回归结果。

观察表 7，可以发现生产服务业对制造业的前向关联与碳排放之间存在 U 型关系，即当前向关联值达到临界值前，生产服务业对制造业的前向关联有利于碳减排；当该关联值达到临界值后，不利于碳减排的实现。原因在于，产业结构转型初期，生产服务业对制造业的前向关联通过产业链不同环节的专业分工，能够有效减少能源消耗和碳排放；随着生产服务业规模扩大，其与制造业之间形成更紧密协作关系，推动制造业生产规模增加，需要消耗大量能源，导致碳排放增加。但在这一背景下，该前向关联并未进一步推动碳减排，反映当前制造业对生产服务业过度依赖，技术创新嵌入带来碳减排效应不足以抵消供应链扩散带来的碳排放效应，导致前向关联的碳减排效应递减，制造业的碳排放增加。观察表 7，还可以发现生产服务业对制造业的后向关联与碳排放之间存在“倒 N 型”关系，呈“下降—上升—下降”趋势。该趋势与前向关联情形的趋势表现之所以存在差异，是因为环境政策的变化和制定的环境标准会直接对制造业生产过程的后端产生重要影响，如出台更严格的环境保护政策和排放标准，生产服务业和制造业均会相应采取措施减少碳排放，推动生产服务业与制造业之间的后向关联再次加强。因此在后期阶段，生产服务业对制造业的后向关联会减少碳排放。结合生产服务业对制造业整体关联的回归结果，可以发现较前向关联而言，生产服务业对制造业的后向关联情形在整体关联情形中的作用更显著。

表 7 生产服务业对制造业的前向关联和后向关联对碳排放直接影响的实证结果

VARIABLES	lnECSC					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Pchain1	0.1341 * (0.0771)	-1.6087 *** (0.3678)	0.2007 (0.7965)			
Pchain11		3.0592 *** (0.5228)	-1.2762 (3.1297)			
Pchain111			3.0899 (3.8698)			
Pchain2				0.0544 (0.0453)	-0.1348 (0.1885)	-0.7366 * (0.4110)
Pchain22					0.0116 (0.3333)	2.2675 * (1.2774)

续表

VARIABLES	lnECSC					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Pchain222						-1.2268 ** (1.2350)
是否控制变量	是	是	是	是	是	是
Constant	6.9711 *** (0.0779)	7.4396 *** (0.1798)	6.8724 *** (0.0938)	7.2499 *** (0.0656)	6.6206 *** (0.0752)	6.4989 *** (0.0765)
Observations	240	240	240	240	240	240
Number of id	30	30	30	30	30	30

注：括号内是 z 统计量，***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 显著性水平上拒绝原假设。

观察表 8，可以发现创新服务业对制造业的前向关联与碳排放之间存在“倒 N 型”关系，创新服务业对制造业的后向关联与碳排放之间存在“U 型”关系。在创新服务业方面，前向关联情形所呈现的趋势与整体关联情形所呈现的趋势之所以不同，是因为制造业在生产扩张过程中越来越重视环境可持续性和低碳发展，开始采用更多低碳技术、能源效率改进和碳减排技术，从而推动制造业的碳排放再次降低，即产生关系的第二个下降阶段。后向关联情形之所以缺少“第二个下降阶段”，是因为创新服务业通常以知识产权和技术创新为核心，其最终需求更多侧重于解决供应链上游部门的经济和社会问题，对环境质量的提升效应关注不足，因此其对碳减排的拉动作用较弱。结合创新服务业对制造业整体关联的回归结果，可以看出较前向关联而言，创新服务业对制造业的后向关联情形在整体关联情形中的作用更显著。

表 8 创新服务业对制造业的前向关联和后向关联对碳排放直接影响的实证结果

VARIABLES	lnECSC					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tchain1	-0.1171 * (0.0648)	0.1214 (0.0965)	-0.6001 (0.5358)			
Tchain11		-0.2031 (0.2006)	2.2677 (1.5993)			
Tchain111			-2.6993 * (1.4995)			
Tchain2				-0.0367 (0.0833)	-0.7760 *** (0.1561)	-1.7513 ** (0.7749)
Tchain22					1.9050 *** (0.3971)	6.9978 * (3.5816)
Tchain222						-8.7575 (4.9697)
是否控制变量	是	是	是	是	是	是
Constant	7.1668 *** (0.0599)	6.3423 *** (0.0892)	6.4082 *** (0.0949)	7.5813 *** (0.0780)	6.5480 *** (0.0821)	6.4183 *** (0.1096)
Observations	240	240	240	240	240	240
Number of id	30	30	30	30	30	30

注：括号内是 z 统计量，***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 显著性水平上拒绝原假设。

观察表 9，发现不论是生产服务业，还是创新服务业，能源消费规模均抑制了服务业对制造业的前向关联和后向关联分别对碳减排的促进作用，这与前文的实证结果一致。另外，对比中介效应

大小，发现生产服务业对制造业的前向关联通过能源消费规模的中介作用，对碳排放的抑制作用最弱。原因在于，产业前向关联重点考察产业间的供给驱动效应，衡量生产服务业最初投入对供应链下游部门生产的驱动影响，但当前我国出现产能过剩、供求失衡、资源错配、库存积压等困境，导致产业供给侧的驱动效应递减，上游产业向下游产业提供中间品所形成的供应关系不利于降低能源消耗和碳减排的实现。同时，不论是生产服务业，还是创新服务业，能源消费结构也加强了服务业对制造业的前向关联和后向关联分别对碳减排的促进作用，这也与前文实证结果一致。对比中介效应大小，发现生产服务业对制造业的前向关联以及创新服务业对制造业的后向关联通过能源消费规模的作用，对碳排放的抑制作用均较弱。原因在于，产业后向关联重点考察创新服务业受外部因素的驱动效应，衡量创新服务业的最终需求对供应链上游部门生产的拉动作用，但当前我国需求质量逐步提升，技术创新水平却未得到相应提升，导致产业需求侧的碳减排驱动效应递减，下游产业从上游产业购买的中间产品在使用过程中形成的消费关系不利于降低能源消耗和碳减排的实现。

表 9 产业前向关联和后向关联对碳排放间接影响的实证结果

VARIABLES	lnECSC							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Pchain1	-13.9578 *** (0.5671)				0.3364 *** (0.1029)			
intens_Pchain1	1.5195 *** (0.0657)							
Pchain2		-5.1782 *** (0.6174)				0.1075 *** (0.0329)		
intens_Pchain2		0.5539 *** (0.0666)						
Tchain1			-5.7169 *** (0.4327)				0.0662 (0.0687)	
intens_Tchain1			0.6287 *** (0.0475)					
Tchain2				-5.3122 *** (0.5157)				0.0830 (0.1005)
intens_Tchain2				0.5580 *** (0.0534)				
stru_Pchain1					-66.6781 *** (6.7140)			
stru_Pchain2						-26.4957 *** (5.1902)		
stru_Tchain1							-29.8819 *** (4.1311)	
stru_Tchain2								-65.7275 *** (9.8416)
是否控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
Constant	7.7701 *** (0.0893)	7.4187 *** (0.0964)	6.9960 *** (0.0756)	6.5530 *** (0.0943)	6.6614 *** (0.0934)	7.3323 *** (0.0446)	6.2571 *** (0.0767)	5.5424 *** (0.0503)
Observations	240	240	240	240	240	240	240	240
Number of id	30	30	30	30	30	30	30	30

注：括号内是 z 统计量，***、**、* 分别表示在 1%、5% 和 10% 的显著性水平上拒绝原假设。

五、结论

按生产性服务业对高科技信息承载及中间品供需的贡献程度，将其划分为生产服务业和创新服务业，并据此将产业关联划分为生产服务业对制造业关联和创新服务业对制造业关联。通过理论分析生产服务业对制造业关联和创新服务业对制造业关联分别对碳排放的直接影响机制，以及通过能源消费规模和能源消费结构的间接影响机制，提出相关研究假设。通过构建面板计量模型，实证检验相关假设。随后，从产业间供需关系和产品流向出发，进一步实证分析两类服务业对制造业关联的前向情形和后向情形分别对碳排放的影响效应。由此，本文得到如下研究结论。首先，生产服务业对制造业关联度与碳排放之间呈“下降—上升—下降”倒N型关系，创新服务业对制造业关联度与碳排放之间呈U型关系。其次，能源消费规模会抑制产业关联对碳减排的促进作用，而能源消费结构会加强产业关联对碳减排的促进作用。最后，结合考虑产业间供需关系，在生产服务业对制造业的前向关联与碳排放的关系中，能源消费规模和能源消费结构的中介抑制作用均较弱；在创新服务业对制造业的后向关联与碳排放的关系中，能源消费结构的中介抑制作用也较弱。为此，作者提出以下政策建议。

各地方政府应积极推进多元服务业协同发展，确保各类服务业能够各尽其职，以便服务业与制造业之间的关联能够尽早达到碳排放“拐点”，协同推动碳减排。在应对生产性服务业与制造业关联推动碳减排过程中，需根据不同阶段的特征和需求，灵活调整政策措施。在下降阶段，鼓励生产性服务业与制造业融合发展，提高产业链效率，降低碳排放；提供税收优惠、补贴等激励措施，支持企业开展绿色技术和低碳工艺创新活动；加强人才培养和引进，提升企业绿色生产和服务能力。在中期上升阶段，加强对碳排放监管，防止企业追求利润而忽视环保；提高碳排放的税收或引入碳排放交易市场，以经济手段促进行业碳减排；加强公众环保意识的宣传教育，引导消费者选择绿色产品和服务。在后期下降阶段，继续支持企业和研究机构开展绿色技术研发活动，保持行业低碳发展势头；加强与其他国家和地区合作，共享低碳发展经验和最佳实践；建立健全低碳发展的长效机制，包括法规、标准、监测和评价体系，确保可持续发展。

参考文献

- 曹翔、高瑀、刘子琪（2021）：《农村人口城镇化对居民生活能源消费碳排放的影响分析》，《中国农村经济》第10期，第64—83页。
- 陈艳莹、叶良柱（2009）：《制造业服务化的环境效应》，《商业研究》第8期，第59—62页。
- 崔日明、邹康乾（2020）：《生产性服务业与全球价值链分工体系：基于我国制造业的研究》，《经济经纬》第4期，第56—63页。
- 付敬、朱桂龙（2014）：《知识源化战略、吸收能力对企业创新绩效产出的影响研究》，《科研管理》第3期，第25—34页。
- 韩丽萍、李明达、刘炯（2022）：《中国物流业碳排放影响因素及产业关联研究》，《北京交通大学学报（社会科学版）》第1期，第86—93页。
- 韩民春、袁瀚坤（2020）：《生产性服务业与制造业融合对制造业升级的影响研究：基于跨国面板的分析》，《经济问题探索》第12期，第150—161页。
- 侯建、陈恒（2017）：《外部知识源化、非研发创新与专利产出——以高技术产业为例》，《科学学研究》第3期，第447—458页。
- 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，第100—115页。
- 靳景、张耀坤、宋昱晓、余江（2020）：《我国生产性服务业对产业关联与创新传导的影响分析》，《科学学与

科学技术管理》第2期,第3—18页。

景维民、张璐(2014):《环境管制、对外开放与中国工业的绿色技术进步》,《经济研究》第9期,第34—47页。

金永刚(2020):《关于能源效率问题的内涵、逻辑及影响因素的研究综述》,《辽宁大学学报(哲学社会科学版)》第2期,第51—58页。

李平、付一夫、张艳芳(2017):《生产性服务业能成为中国经济高质量增长新动能吗》,《中国工业经济》第12期,第5—21页。

刘斌、王乃嘉、余森杰、朱学昌(2021):《制造业服务要素投入与出口中的隐含碳——基于全球价值链环境成本视角的研究》,《中国人民大学学报》第2期,第81—94页。

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,第126—140页。

倪鹏飞、肖宇(2019):《服务业融合与高质量发展:表现形式、国际比较及政策建议》,《学习与探索》第6期,第107—117页。

宋金昭、刘兵、王晓平等(2019):《中国产业部门碳排放传导机制研究》,《环境污染与防治》第10期,第1245—1250页。

王思语、郑乐凯(2019):《制造业服务化是否促进了出口产品升级:基于出口产品质量和出口技术复杂度双重视角》,《国际贸易问题》第11期,第45—60页。

王香艳、李金叶(2022):《数字经济是否有效促进了节能和碳减排?》,《中国人口·资源与环境》第11期,第83—95页。

许文立、孙磊(2023):《市场激励型环境规制与能源消费结构转型——来自中国碳排放权交易试点的经验证据》,《数量经济技术经济研究》第7期,第133—155页。

杨柏、秦广鹏、杨红(2023):《产业关联视角下中国碳排放核算分析》,《科学学研究》第10期,第1800—1811页。

杨顺顺(2015):《中国工业部门碳排放转移评价及预测研究》,《中国工业经济》第6期,第55—67页。

尹洪涛(2015):《生产性服务业与制造业融合的主要价值增值点》,《管理学报》第8期,第1204—1209页。

原嫫、席强敏、李国平(2017):《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》,《自然资源学报》第5期,第841—853页。

张帅、袁长伟、赵小曼(2019):《中国交通运输碳排放空间聚类与关联网络结构分析》,《经济地理》第1期,第122—129页。

张同斌、高巍、马晴晴(2019):《中国制造业碳排放的网络特征测度及其差异化影响效应研究》,《中国人口·资源与环境》第2期,第166—176页。

Abdul-Rashid, S. H., N. Sakundarini, R. A. R. Ghazilla, et al. (2017), "The Impact of Sustainable Manufacturing Practices on Sustainability Performance: Empirical Evidence from Malaysia", *International Journal of Operations & Production Management*, 37 (2), pp. 182 - 204.

Doni, F., A. Corvino, and S. B. Martini. (2019), "Servitization and Sustainability Actions. Evidence from European Manufacturing Companies", *Journal of Environmental Management*, 234, pp. 367 - 378.

Du, H., Z. Chen, B. Peng, et al. (2019), "What drives CO2 Emissions from the Transport Sector? A Linkage Analysis", *Energy*, 175 (15), pp. 195 - 204.

Lenzen M. (1998), "Primary Energy and Greenhouse Gases Embodied in Australian Final Consumption: An Input-output Analysis", *Energy Policy*, 26 (6), pp. 495 - 506.

Talukdar, B., A. M. Parhizgari. (2020), "Market Returns and Risk Factors for the Emerging Economies", *Applied Economics*, 52 (48), pp. 5230 - 5243.

WBCSD. (1996), *Eco-efficient Leadership for Improved Economic and Environmental Performance*, Geneva: World Business Council for Sustainable Development.

WU, H. T., Y. HAO, and J. H. WENG. (2019), "How does Energy Consumption Affect China's Urbanization: New Evidence from Dynamic Threshold Panel Models", *Energy Policy*, 127, pp. 24 - 38.

Zhang, L., Y. Wang, C. Feng, et al. (2021), "Understanding the Industrial NO_x and SO₂ Pollutant Emissions in China from Sector Linkage Perspective", *Science of the Total Environment*, 770, 145242.

Can Industrial Correlation Reduce Carbon Emissions? —From the Perspective of the Correlation Between Producer Services and Manufacturing

LU Yuting, HUANG Maoxing

(Fujian Academy of Social Sciences, Fuzhou 350001, China)

Abstract: Inter-industrial correlation is the key to regional economic development, and will bring about an increase in carbon emissions. Based on the contribution to high-tech information bearing and the supply and demand of intermediate goods, the producer service industry is divided into production service industry and innovative service industry. The effecting mechanism of the correlation between two types of service industry and manufacturing industry on carbon emission reduction is studied. And then, starting from the relationship between inter-industry supply and demand, the forward and backward impacts of these two types of service industries on the carbon emissions are further studied. It is found that, first of all, the correlation of production service industry and manufacturing industry and carbon emissions presents an inverted N-shaped relationship, while the correlation between innovation service industry and manufacturing industry and carbon emissions presents a U-shaped relationship. Secondly, the scale of energy consumption can inhibit the promoting effect of industry correlation on carbon emission reduction, and the structure of it will strengthen the promoting effect of industry correlation on carbon emission reduction. Considering the inter-industry supply and demand relationship, in the relationship between the forward correlation of production service industry and manufacturing industry and carbon emission, the inhibition of energy consumption scale and consumption structure is weaker. In the relationship between the backward correlation of innovative service industry and manufacturing industry and carbon emission, the inhibition of energy consumption structure is also weaker. Therefore, relevant policy suggestions are put forward to reach the turning point of carbon emissions as soon as possible in terms of promoting the coordinated development of diversified service industries.

Key Words: producer services; manufacturing; industrial correlation; carbon emissions

责任编辑：宋迎昌