

数字服务贸易与碳排放

——基于50个国家的实证研究

韩晶¹ 姜如玥¹ 孙雅雯²

(1. 北京师范大学 经济与资源管理研究院, 北京 100875;

2. 中国社会科学院欧洲研究所 欧洲经济研究室, 北京 100732)

摘要: 在碳中和目标背景下, 数字化手段为各国实现碳排放净零增长赋能加力。服务贸易作为国际经贸中的活跃领域, 其数字化转型对各国经济增长及应对气候变暖意义重大。本文基于跨国面板数据, 对数字服务贸易的碳排放效应进行了研究。回归结果表明: 数字服务贸易发展通过规模效应、结构效应和技术效应对碳减排产生积极影响, 且上述效应均受互联网发展水平的调节。异质性分析显示: 与发达国家相比, 发展中国家数字服务贸易对碳减排的积极影响更为显著; 知识产权使用费, 电信、计算机和信息服务以及其他商业服务部门的贸易对碳减排有显著的积极影响。为此, 各国应根据自身发展水平, 选择合理路径促进数字服务贸易发展, 充分发挥其碳减排效应, 积极应对气候变暖问题。

关键词: 碳排放; 服务贸易; 数字服务贸易; 调节中介效应

[中图分类号] F746.18 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4034(2021)06-0034-16

引言

随着世界经济的发展、人口数量的增长和人类生产生活方式的转变, 全球二氧化碳等温室气体的排放量持续升高, 气候变暖已严重威胁到人类的生存与发展。1990—2019年, 全球燃料燃烧所产生的二氧化碳排放量累计增长60.77%^②, 过量的温室气体排放已经导致全球平均气温较工业化前上升超过1℃, 因气候变暖导致的海平面上升、极端天气频发、粮食减产等问题将会严重危及人类安全。因此, 调

[投稿日期] 2021-09-12

[基金项目] 教育部哲学社会科学重大课题攻关项目“习近平总书记的绿色发展理念研究”(20JZD002)

[作者简介] 韩晶(1975—), 女, 黑龙江牡丹江人, 北京师范大学经济与资源管理研究院教授、博士生导师, 研究方向: 产业经济; 姜如玥(1997—), 女, 山东威海人, 北京师范大学经济与资源管理研究院博士研究生, 研究方向: 产业经济; 孙雅雯(1994—), 女, 山东淄博人, 中国社会科学院欧洲研究所欧洲经济研究室助理研究员, 研究方向: 欧洲绿色经济、中欧经贸关系

②数据来源: Enerdata 全球能源统计年鉴 2021, 网址 <https://yearbook.enerdata.net/>。

整产业结构、能源结构,创新节能减排、提质增效的新技术,探索降低碳排放的有效途径,已成为世界各国需共同承担的责任与义务。

自1986年乌拉圭回合国际服务贸易谈判以来,服务贸易在国际贸易中的重要性日益提升,逐渐成为世界经济增长的重要动力源。1990—2020年,世界服务贸易进出口规模已从18 224亿美元增长至97 373亿美元,年均增长率达5.74%,明显高于世界同期GDP增速和货物贸易进出口规模增速^①。与此同时,服务贸易对环境的影响也逐渐得到世界各国的重视。一方面,服务贸易所产生的碳排放相对而言要低于货物贸易;另一方面,可再生能源应用、煤的清洁高效利用、二氧化碳捕获与封存等一系列低碳技术的部署与实现在很大程度上依赖于国际服务贸易(Steenblik和Grosso, 2011)。因此,服务贸易发展为促进全球碳减排提供了可能。

在数字经济快速发展的时代背景下,跨境服务贸易成本得到了有效降低,众多服务项目正在走向去本地化与全球化,服务部门的可交易程度大幅提高,国际服务贸易迎来了数字服务的浪潮。2020年全球数字服务贸易出口规模达31 675.9亿美元,占世界服务贸易出口的63.55%^②。与传统服务贸易相比,以金融、保险、知识产权、电信计算机和信息服务等高科技、低排放的服务部门为代表的数字服务贸易在推动碳减排方面更具优势。因此,本文试图从数字服务贸易这一新兴贸易形式出发,详细梳理数字服务贸易影响碳排放的具体作用机制,并从中探索处理服务贸易与碳排放之间关系的新着力点,为世界各国碳达峰、碳中和目标的实现以及协同应对全球气候变暖提供可行的新路径。

本文选取2005—2019年50个世界主要经济体的数据,实证检验了数字服务贸易发展对碳排放水平的影响,考察了数字服务贸易影响碳排放的作用机制,并基于国家发展水平和数字服务贸易部门进行了异质性检验。本文可能的贡献和创新点在于:第一,创新性地从规模效应、结构效应和技术效应三个角度探究了数字服务贸易影响碳减排的作用路径,并考察了互联网发展水平的调节作用,进一步完善了数字服务贸易碳减排效应的理论机理;第二,考察了数字服务贸易碳减排效应的国家异质性和行业异质性;第三,提出发展数字服务贸易促进碳减排的政策建议,为各国从服务贸易视角探索碳减排、实现碳中和目标提供了新思路。

一、文献综述

随着全球数字经济的迅猛发展,数字服务贸易这一新型贸易模式兴起并快速成长,成为了服务贸易的重要组成部分。与本文研究内容密切相关的文献主要有以下两方面。

一是研究服务贸易对环境的影响。自20世纪90年代经济全球化快速发展,国际贸易与环境之间的关系成为国内外学者关注的重点,尤其是国际贸易对碳排放的

^①数据来源:世界银行世界发展指标数据库(WDI),网址<https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>。

^②数据来源:联合国贸易和发展会议数据库(UNCTAD STAT),网址<https://unctadstat.unctad.org/EN/>。

影响成为了一个被长期热议的话题 (Liddle, 2018; 刘啟仁和陈恬, 2020)。随着世界各国第三产业的发展, 服务贸易规模日益扩张, 服务贸易重要性日渐提升, 国内外学者也逐渐认识到服务贸易与货物贸易之间的差异, 于是开始对服务贸易与环境之间的关系进行研究。蔡宏波和曲如晓 (2010) 研究了美国服务贸易出口的环境效应, 发现由于美国服务业出口主要集中在污染程度较轻的行业, 服务出口给美国本土带来的环境污染整体上保持较低水平。Zhang 和 Zhang (2018) 利用 1982—2016 年的数据研究发现, 服务贸易能够抑制中国的碳排放。Hui 等 (2018) 选择了 25 个发展中国家的商业服务贸易作为研究对象, 实证结果显示扩大商业服务贸易可以有效减少碳排放。Sun 等 (2019) 指出, 服务贸易能够通过扩大规模经济效应、提高经济效率、促进技术溢出效应等方式来提高效率, 推动服务贸易全球化, 特别是金融、保险、计算机和信息服务等新兴服务贸易的全球化, 能够有效地提升能源效率和碳排放效率。

二是对数字贸易和数字服务贸易进行研究。随着数字贸易的发展, 数字贸易的内涵不断地拓展与延伸, 目前学界对其概念的界定仍未达成共识。美国国际贸易委员会 (United States International Trade Commission, USITC) 将数字贸易定义为通过互联网传输产品和服务的国内商务和国际贸易活动。马述忠等 (2018) 认为数字贸易是传统贸易在数字经济时代的拓展与延伸, 指出数字贸易是以现代信息网络为载体, 通过信息通信技术的有效使用实现传统实体货物、数字产品与服务、数字化知识与信息的高效交换, 推动消费互联网向产业互联网转型, 最终实现制造业智能化的新型贸易活动。除概念界定之外, 众多学者还对数字贸易的发展历程与推进策略 (蓝庆新和窦凯, 2019)、国际规则谈判 (韩剑等, 2019; 熊鸿儒等, 2021) 等诸多方面进行了深入的研究, 指出数字贸易能够降低交易成本、丰富贸易产品种类 (刘洪愧, 2020), 并深刻影响产业结构升级与全球价值链布局 (姚战琪, 2021), 是各国经济增长与稳定发展的重要驱动力 (陈维涛和朱柿颖, 2019)。随着数字技术的发展与应用, 跨境服务贸易成本大幅降低, 过去许多不可交易的服务变得高度可交易化, 服务贸易也迎来了数字革命。近年来, 数字服务贸易规模不断扩大, 业态不断创新, 数字服务贸易逐渐成为数字贸易重要的组成部分。联合国贸易和发展会议 (United Nations Conference on Trade and Development, UNCTAD) 将数字服务贸易定义为通过信息通信网络跨境交付的所有服务贸易, 主要包含保险和养老金服务, 金融服务, 知识产权使用费, 电信、计算机和信息服务, 其他商业服务以及视听和相关服务等类别。为了更好地把握和推进数字服务贸易的发展, 诸多学者对数字服务贸易的影响因素展开了深入讨论。与传统服务贸易相比, 空间和距离对数字服务贸易的限制越来越小, 但数字服务贸易所涵盖的新技术与新业态也给其自身的发展带来了新的挑战。数字服务贸易作为一种规则密集型的贸易形态, 国际规则成为影响其发展的重要因素之一 (Ferencz, 2019; 周念利和陈寰琦, 2020; Ferracane 和 Marel, 2021)。以互联网为代表的信息通信基础设施的建设水平也极大地影响了数字服务贸易的生产、交易和传输 (施炳展, 2016)。此外, 服务业发展、贸易成本等因素也被认为是影响数字服务贸易发展的重要变量 (周念利和姚亭亭, 2021a)。

综合现有文献,国内外学者在服务贸易碳排放效应以及数字贸易与数字服务贸易方面已经进行了较为全面的研究,但未有学者将上述两个方向联系起来,针对数字服务贸易的碳排放效应展开探讨。因此,本文试图从以下几方面对现有文献进行扩展:第一,通过理论与实证分析阐述数字服务贸易对碳排放的影响,补充现有文献研究空缺;第二,从规模效应、结构效应和技术效应三方面进一步完善数字服务贸易影响碳排放的作用机制,明晰具体作用路径;第三,从国家和部门两个层面对数字服务贸易的碳减排效应进行异质性分析,以期提出更有针对性的政策建议。

二、理论机制与研究假设

(一) 数字服务贸易影响碳排放的作用机制分析

Grossman 和 Krueger (1992) 建立了贸易—环境的一般均衡模型,将国际贸易对环境的影响分解成规模效应、结构效应和技术效应三方面。本文将基于这一贸易—环境的一般均衡模型,对数字服务贸易影响碳排放的作用机制进行分析,并同时考虑互联网发展水平给数字服务贸易碳排放机制带来的影响。

1. 规模效应

数字服务贸易将从两方面来发挥其对碳排放的规模效应。一方面,随着数字技术应用程度持续深入,数字服务贸易的规模将不断扩张。产业规模扩张从客观上需要更多的生产要素和能源资源投入,从而引发碳排放量水平的增加。另一方面,随着数字服务贸易的发展,越来越多的传统服务贸易将被数字服务贸易所替代。以金融、保险、知识产权、电信计算机和信息服务等为代表的数字服务部门生产过程的碳排放水平相较传统服务部门更低(倪晓颀和俞顺洪,2011),其贸易过程基本上摆脱了对传统物流运输方式的依赖(江小涓和罗立彬,2019),故随着数字服务贸易规模的扩大,极有可能会推进碳减排进程。考虑到数字服务贸易对碳排放同时存在正面影响与负面影响,本文提出以下假设:

假设1 数字服务贸易的发展通过规模效应引发碳增排。

假设2 数字服务贸易的发展通过规模效应促进碳减排。

2. 结构效应

数字服务贸易的发展能够通过优化产业结构,提升产业高级化程度来发挥其对碳减排的结构效应。数字服务进口贸易能够发挥技术溢出效应,通过引进并吸收国外先进的数字服务与生产技术,推动本国技术水平与自主创新能力的提升,进而加速产业结构优化升级(姚战琪,2019);数字服务出口贸易的发展能够提高一国服务贸易出口技术复杂度,提升本国服务产品的国际竞争力,通过带动服务部门的规模扩张与结构改善来实现整体产业结构优化(郜鹿峰和徐洁香,2017)。随着一国产业结构高级化程度的不断加深,高能耗、高污染和低产值的企业被逐渐淘汰,生产力向碳排放水平较低的服务业部门转移(张琳杰和崔海洋,2018),最终带动整体碳排放水平的降低。基于以上分析,本文提出以下假设:

假设3 数字服务贸易发展能够通过发挥结构效应来促进碳减排。

3. 技术效应

数字服务贸易发展还能够通过升级低碳技术水平和降低单位能耗碳排放水平来发挥其对碳减排的技术效应。数字服务贸易中包含许多能够直接或间接影响低碳技术水平的服务项目,例如引进吸收或自主研发与煤炭清洁化利用、二氧化碳捕获与封存等相关的数字服务能够直接提升一国低碳技术水平。部分与减碳无直接关系的先进生产工艺与数字技术、绿色金融与绿色保险等服务项目,也能够通过提高生产效率和能源使用效率以及促使资源流向高效率低排放的绿色生产部门等途径引导一国整体低碳技术水平的提升。随着低碳技术水平的不断提升,一国最终能够实现从单位能耗碳排放、碳排放强度等效率指标的改善到碳排放总量水平下降的良好过渡。基于以上分析,本文提出以下假设:

假设4 数字服务贸易发展能够通过发挥技术效应来促进碳减排。

4. 互联网发展水平的调节作用

已有文献研究表明,互联网的快速发展给服务贸易带来了不可忽视的影响。互联网能够降低服务贸易在搜寻、交流以及运输等方面的成本(施炳展,2016),并进一步消除某些服务交付时的物理限制,使原本需要面对面交付或不可贸易的服务变得高度可贸易化,从而为服务贸易的发展提供了机会(Meltzer,2016)。相比传统的服务贸易,数字服务贸易更加依赖于互联网的发展水平,因此互联网发展水平对数字服务贸易碳减排效应传导路径的影响也十分值得关注。数据作为和土地、劳动力、资本和技术同等重要的生产要素,其流动已经成为支撑数字服务贸易发展的重要基础(周念利和姚亭亭,2021b)。然而,数据的流动又受到以互联网为代表的信息通信技术发展水平的深刻影响,这使得数字服务贸易的生产、交付和使用对互联网发展水平产生了极大的依赖性,导致数字服务的碳排放机制也受到互联网发展水平的影响。在数字服务贸易的规模效应机制中,较高的互联网发展水平一方面助推了服务贸易的数字化转型,另一方面也畅通了大规模数字服务跨境传输与交易的渠道,从而带动了数字服务贸易规模的扩张。在数字服务贸易的结构效应机制中,互联网的快速发展加速了传统服务业的转型升级,促使现代服务业涌现出众多新业态与新模式,同时也为数字服务产业的发展提供了较好的技术条件,最终影响到产业结构优化进程的推进。在数字服务贸易的技术效应机制中,互联网发展水平能够影响一系列数字低碳技术服务的研发进程、传输效率、吸收程度以及应用效果,从而影响一国低碳技术水平的提升。基于以上分析,本文提出以下假设:

假设5 互联网发展水平能够调节数字服务贸易的规模效应。

假设6 互联网发展水平能够调节数字服务贸易的结构效应。

假设7 互联网发展水平能够调节数字服务贸易的技术效应。

(二) 数字服务贸易碳排放效应的异质性分析

1. 基于不同国家发展水平

发达国家和发展中国家在产业结构、技术水平、所处的碳减排阶段以及数字服务贸易发展情况等方面均存在较大的差异,因此数字服务贸易的碳排放效应在不同

发展水平的国家之间呈现差异化表现。首先,多数发展中国家目前仍处于工业化阶段,现有的产业结构、能源结构仍不够合理,低碳技术水平较低,碳排放量较大且呈上升趋势,碳减排潜力仍有较大空间(顾高翔和王铮,2017);发达国家现已基本进入后工业化阶段,国内产业以低能耗低排放的第三产业为主,产业结构趋于高端化,能源利用效率相对较高,能源结构更为清洁,低碳技术水平处于领先地位,碳排放水平较低且逐步进入下降阶段,碳减排潜力明显低于发展中国家(王宪恩等,2018)。因此,数字服务贸易在发展中国家能够通过带动产业结构转型、提升低碳技术水平等方式发挥较明显的碳减排效应;而在发达国家,碳减排边际成本随碳排放量减少而递增,在已有基础上实现与发展中国家等量减排的成本大幅提高,数字服务贸易碳减排效应的发挥可能因此受到阻碍。其次,数字服务贸易世界格局的马太效应日益凸显。2020年,发达国家与发展中国家数字服务贸易出口规模在全球数字服务贸易出口中的占比分别为71.8%和28.2%^①,二者之间的数字服务贸易差距不断拉大。由于发展中国家的数字服务贸易发展水平普遍较低,发展中国家数字服务贸易发展对碳减排的促进作用可能会因此受阻,其边际效用可能小于数字服务贸易发展水平较高的发达国家。基于以上分析,本文提出以下假设:

假设8 发达国家与发展中国家的数字服务贸易发展对碳排放的影响存在异质性。

2. 基于数字服务贸易的不同部门

由于数字服务贸易在不同部门之间的分化程度较高,因此不同部门在影响碳排放方面的表现可能不尽相同。金融服务贸易的发展有助于优化资源配置,促进企业绿色技术创新,从而推动碳减排;但同时金融业务的发展也可能会扩大经济规模,引起资源能源消耗量的增加,进而导致碳增排(严成樑等,2016)。知识产权使用中包含了先进生产技术和低碳技术等绿色技术的研发与引进,能够提升绿色技术水平,推动低碳发展。对于绿色技术的创新主体,知识产权保护所带来的垄断利润可以激励其增加研发支出和技术创新,从而引发绿色技术水平的进一步提升;对于绿色技术的引入者,通过吸收转化先进的绿色技术,其自身的碳减排水平也得到了提高。电信、计算机和信息服务贸易有助于推动数字经济的发展。数字经济作为精细化、集约化的发展方式,能够优化资源配置,提高生产效率,提高资源能源使用效率,极具低碳优势(许宪春等,2019)。其他商业服务贸易包括研发、废物处理和去污染等方面的服务,同样也可能发挥技术的溢出效应,从而对碳减排产生积极作用。而与上述数字服务贸易类别相比,保险和养老金服务、视听和相关服务贸易的碳减排作用相对没那么明显。另外,考虑到世界各国对国家安全的重视,各国普遍对开放金融、电信等部门持审慎态度,这也将会影响到相关部门的贸易碳排放效应。基于以上分析,本文提出以下假设:

假设9 不同部门的数字服务贸易发展对碳排放的影响存在异质性。

^①数据来源:联合国贸易和发展会议数据库(UNCTAD STAT),网址<https://unctadstat.unctad.org/EN/>。

三、研究方法

(一) 模型设定

本文采用 STIRPAT 模型对碳排放的影响因素进行建模。STIRPAT 模型是在 IPAT 等式的基础上发展而来的。IPAT 等式 (Ehrlich 和 Holdren, 1971) 是一个用来分析人类活动对环境影响的量化模型, 其一般形式为:

$$I = P \times A \times T \quad (1)$$

式 (1) 中, I 表示环境影响, P 表示人口规模, A 表示人均财富, T 表示技术水平。

为了克服 IPAT 等式仅能反映解释变量对被解释变量等比例影响的不足, Dietz 和 Rosa (1994) 在 IPAT 等式的基础上引入随机因素, 使得该模型可以反映解释变量对被解释变量的非比例影响, 从而得到 STIRPAT 模型。STIRPAT 模型的一般形式为:

$$I = \alpha P^b A^c T^d e \quad (2)$$

式 (2) 中, α 为模型的系数, b 、 c 和 d 为各解释变量的指数, e 为误差。

对式 (2) 两边取自然对数, 得到式 (3):

$$\ln I = \ln \alpha + b \ln P + c \ln A + d \ln T + \ln e \quad (3)$$

基于 STIRPAT 模型, 构建了本文的实证模型。首先, 为了研究数字服务贸易对碳排放的影响, 本文将环境影响 I 设定为碳排放水平, 并引入核心解释变量数字服务贸易发展水平。其次, 参考 Grossman 和 Krueger (1992)、王锋等 (2017) 等文献, 本文采用人均 GDP 的一次项与二次项、总人口数和能源强度来分别衡量经济水平、人口水平和技术水平。另外, 考虑到产业结构 (原嫫等, 2016)、城市化水平 (Poumanyong 和 Kaneko, 2010)、对外开放水平 (李锴和齐绍洲, 2011) 等也会影响到碳排放水平, 为了尽可能地减少模型的误差, 本文也将上述因素纳入控制变量之中。最终, 得到如下实证模型:

$$\ln CO_{2it} = \delta + \beta_1 trade_{it} + X'_{it} \lambda + \omega_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式 (4) 中, i 表示国家单元; t 表示时间; δ 是常数项; CO_{2it} 表示二氧化碳排放水平; $trade_{it}$ 表示数字服务贸易发展水平; X_{it} 表示控制变量, 包括经济水平、人口水平、技术水平、产业结构、城市化水平、对外开放水平等; β_1 和 λ 表示待估计的参数; ω_i 表示个体固定效应; ε_{it} 表示随机扰动项。

(二) 变量选取及数据来源

本文选取 2005—2019 年 50 个世界主要经济体^①的数据进行实证检验。本文主

^①样本共包括阿根廷、澳大利亚、奥地利、比利时、巴西、加拿大、智利、中国、哥伦比亚、哥斯达黎加、捷克、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、印度、印度尼西亚、爱尔兰、以色列、意大利、日本、哈萨克斯坦、韩国、拉脱维亚、立陶宛、卢森堡、马来西亚、墨西哥、荷兰、新西兰、挪威、秘鲁、波兰、葡萄牙、俄罗斯、沙特阿拉伯、斯洛伐克、斯洛文尼亚、南非、西班牙、瑞典、瑞士、泰国、土耳其、英国和美国 50 个国家。

要变量的具体含义与描述性统计见表1。其中,数字服务贸易数据来自联合国贸易和发展会议数据库(UNCTAD STAT);碳排放量数据来自国际能源署数据库(IEA Database);经济水平、人口水平、技术水平、产业结构、城市化水平、对外开放水平、产业结构优化、低碳技术升级、互联网发展水平等变量的数据来源于世界银行世界发展指标数据库(WDI)、全球可持续发展目标指标数据库(Global SDG Indicators Database)以及国际能源署数据库(IEA Database)。部分缺失数据用线性插补法进行处理。

表1 主要变量的含义与描述性统计^①

变量分类	变量名称	变量符号	变量含义及单位	平均值	标准误	最小值	最大值
被解释变量	碳排放水平	$\ln CO_2$	人均CO ₂ 排放量的对数(吨/人)	1.800	0.669	-0.065	3.207
核心解释变量	数字服务贸易发展水平	<i>trade</i>	数字服务贸易额占商品和服务贸易总额比重(%)	10.560	10.731	1.276	73.433
控制变量	经济水平	$\ln gdp$	人均GDP的对数值2010年不变价(美元/人)	9.885	1.034	6.823	11.627
		$(\ln gdp)^2$	人均GDP对数值的平方	98.785	19.701	46.551	135.186
	人口水平	$\ln pop$	总人口数的对数值(人)	16.850	1.725	12.601	21.058
	技术水平	$\ln ener$	能源强度的对数值(百万焦耳/2017年购买力平价GDP)	1.411	0.401	0.344	2.771
	产业结构	<i>industry</i>	工业(含建筑业)增加值占比(%)	27.253	8.238	10.517	66.757
		<i>service</i>	服务业增加值占比(%)	60.141	8.347	31.126	79.332
	城市化水平	<i>urban</i>	城市人口占比(%)	74.118	13.876	29.235	98.041
	对外开放水平	<i>FDI</i>	外商直接投资额占GDP比重(%)	4.735	10.265	-58.249	86.479

四、实证结果分析

(一) 面板单位根检验

考虑到本文的样本期为2005—2019年,时间跨度较长,在经验分析之前先进行面板单位根检验。本文选择了LLC检验、Fisher-ADF检验和Fisher-PP检验三

^①由于篇幅所限,仅列出基准回归部分所包括的变量,备索。凡备索资料均可登录对外经济贸易大学学术刊物编辑部“刊文补充数据查阅”栏目查询、下载。下同。

种检验方法,其中,本文核心解释变量数字服务贸易发展水平为非平衡面板数据,LLC检验不适用,故仅进行Fisher-ADF检验和Fisher-PP检验。面板单位根检验结果表明^①,本文的主要变量序列均为平稳序列,可以使用原始数据直接进行回归。

(二) 基准回归结果

考虑到可能存在不随时间变化的遗漏变量问题,本文选择采用个体固定效应模型,并通过F检验和LR检验加以证实。同时,本文还对模型进行了组间异方差、组内自相关和组间同期相关的检验,发现模型存在上述问题,故使用D-K校正^②的固定效应模型来消除上述影响(Driscoll和Kraay,1998)。本文首先对全样本进行基准回归,估计回归结果如表2所示。

未加入控制变量时,如表2第(1)列所示,数字服务贸易发展水平的系数显著为负;加入控制变量后,如表2第(2)列所示,数字服务贸易发展水平的系数依旧显著,表明数字服务贸易的发展能够对碳减排产生积极影响,即数字服务贸易的发展可以通过规模效应来促进碳减排,假设1不成立,假设2成立。

(三) 稳健性检验

本文首先采用变换核心解释变量衡量方式的方法对模型的稳健性进行检验。利用数字服务贸易占GDP比重(*open*)和数字服务贸易总额(*Indigi*)来衡量数字服务贸易的发展水平,回归结果分别如表2第(3)列和第(4)列所示。回归结果表明,在更换了核心解释变量衡量方法后,数字服务贸易的系数依旧在1%的显著性水平下显著为负,本文的结论依旧稳健。

尽管本文选择的个体固定面板模型能消除不随时间变化的遗漏变量的影响,但仍可能受到随时间变化的遗漏变量的影响。为了尽可能地规避遗漏变量所导致的内生性问题,本文分别利用控制时间固定效应、2SLS以及差分GMM方法对模型进行进一步的稳健性检验。加入时间固定效应,可以有效缓解模型中不随个体变化但随着时间而变化的遗漏变量问题,回归结果如表2第(5)列所示。此外,本文参考王智波和李长洪(2015)的方法,选择滞后一期数字服务贸易发展水平(*L. trade*)作为核心解释变量数字服务贸易发展水平的工具变量,采用稳健标准误的面板2SLS进行个体固定效应回归,回归结果如表2第(6)列所示。另外,本文还参考李锴和齐绍洲(2011)的方法,将滞后一期的被解释变量二氧化碳排放水平(*L. lnCO₂*)引入模型,作为遗漏变量的代理变量来缓解可能存在的内生性偏误,采用稳健的差分GMM进行动态面板回归,回归结果如表2第(7)列所示。回归结果表明,在对可能存在的内生性问题进行处理后,数字服务贸易发展水平的系数依旧显著为负,本文的结论依旧稳健。

^①由于篇幅所限,没有列出面板单位根检验结果,备索。

^②Driscoll和Kraay(1998)对存在组间异方差、组内自相关和组间同期相关的误差项进行了修正,该方法适用于时间跨度较小而截面维度较多的面板模型。本文的计量模型符合上述条件。

表2 基准回归及稳健性检验结果^①

项目	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
$L. \ln CO_2$	—	—	—	—	—	—	0.325 25*** (0.060 22)
$trade$	-0.023 96*** (0.001 99)	-0.011 79*** (0.001 70)	—	—	-0.007 73*** (0.001 70)	-0.013 85** (0.006 30)	-0.007 98** (0.003 54)
$open$	—	—	-0.001 39*** (0.000 32)	—	—	—	—
$Indigi$	—	—	—	-0.065 09*** (0.015 50)	—	—	—
constant	2.035 07*** (0.021 28)	-15.451 68*** (1.110 29)	-16.336 05*** (1.322 63)	-13.861 58*** (0.947 12)	-16.875 02*** (1.010 76)	-14.858 40*** (4.507 86)	—
控制变量	否	是	是	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是	是	—	—
时间效应	—	—	—	—	是	—	—
N	708	708	708	708	708	658	618
R ²	0.142 6	0.686 4	0.673 5	0.679 5	0.746 5	0.646 5	—
AR (1)	—	—	—	—	—	—	-3.37 (0.001)
AR (2)	—	—	—	—	—	—	-1.3 (0.195)
Hansen test	—	—	—	—	—	—	42.97 (0.679)

注：第(1)列至第(4)列回归系数括号内为 Driscoll-Kraay 校正后的标准误，第(5)列和第(6)列回归系数括号内为稳健标准误，*、**和***分别表示估计系数在10%、5%和1%水平下显著；AR和Hansen test统计量括号内的数分别为 prob>z 和 prob>chi2 的值。

(四) 机制分析

为了进一步分析数字服务贸易发展影响碳排放的结构效应、技术效应以及互联网发展水平对三大效应的作用，本文参考温忠麟和叶宝娟(2014)关于有调节的中介模型的检验方法，对产业结构优化和低碳技术升级的中介效应以及互联网发展水平的调节作用进行逐一识别检验。首先，构建如下检验递归方程：

$$\ln CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 trade_{it} + \beta_2 internet_{it} + \beta_3 trade_{it} \times internet_{it} + X'_{it} \lambda + \omega_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$M_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 trade_{it} + \alpha_2 internet_{it} + \alpha_3 trade_{it} \times internet_{it} + X'_{it} \lambda + \omega_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$\ln CO_{2it} = \beta_0^* + \beta_1^* trade_{it} + \beta_2^* internet_{it} + \beta_3^* trade_{it} \times internet_{it} + \gamma M_{it} + X'_{it} \lambda + \omega_i + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式(5)为含调节变量的总效应方程；式(6)为含调节变量的中介效应方程；

^①由于篇幅所限，没有列出控制变量的回归结果，备索。下表同。

式(7)为含中介变量与调节变量的直接效应方程。其中, $internet_{it}$ 表示互联网发展水平; $trade_{it} \times internet_{it}$ 为数字服务贸易发展水平与互联网发展水平的交互项; M_{it} 表示中介变量, 包括产业结构优化 ($lnupgrade_{it}$) 和低碳技术升级 ($lnlowcarbon_{it}$) 两方面, 分别用来衡量数字服务贸易的结构效应与技术效应; β 、 α 、 β^* 和 γ 为本文所关注的待估计参数; 其他符号含义与基准回归部分相同。

表3给出了中介效应和调节作用的检验结果。表3第(1)列是对含调节作用的总效应式(5)的回归结果。结果显示, 数字服务贸易发展水平和互联网发展水平交互项的系数显著为负, 说明在未考虑中介效应的情况下, 互联网发展水平对数字服务贸易发展与碳排放之间的关系有调节作用, 互联网发展水平的提高将有利于数字服务贸易发挥其对碳减排的规模效应, 假设5成立。

表3 调节中介效应回归结果

项目	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	$\ln CO_2$	$lnupgrade$	$\ln CO_2$	$lnlowcarbon$	$\ln CO_2$
<i>trade</i>	-0.008 72*** (0.001 57)	0.002 96*** (0.000 68)	-0.006 36*** (0.001 68)	0.008 45*** (0.001 53)	0.000 36 (0.000 38)
<i>internet</i>	-0.000 83*** (0.000 20)	0.000 91*** (0.000 10)	-0.000 10 (0.000 38)	0.000 94*** (0.000 21)	0.000 18* (0.000 09)
<i>trade</i> × <i>internet</i>	-0.000 07** (0.000 03)	0.000 06*** (0.000 01)	-0.000 03 (0.000 03)	0.000 06** (0.000 02)	-0.000 01 (0.000 01)
<i>lnupgrade</i>	—	—	-0.797 93*** (0.241 17)	—	—
<i>lnlowcarbon</i>	—	—	—	—	-1.075 71*** (0.055 79)
constant	-17.029 92*** (1.039 16)	1.602 07*** (0.440 53)	-15.751 59*** (0.625 56)	3.351 47*** (0.834 93)	-13.424 69*** (0.196 01)
控制变量	是	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是	是
N	708	708	708	708	708
R ²	0.690 4	0.983 8	0.701 2	0.157 5	0.974 1

注: 括号内为 Driscoll-Kraay 校正后的标准误, *、** 和 *** 分别表示估计系数在 10%、5% 和 1% 水平下显著。下表同。

表3第(2)列和第(3)列给出了产业结构优化作为中介变量时的回归结果。第(2)列结果显示, 数字服务贸易发展水平的系数显著为正, 说明数字服务贸易发展对产业结构优化具有正向促进作用; 数字服务贸易发展水平和互联网发展水平交互项系数显著为正, 说明互联网发展水平对数字服务贸易的结构效应具有调节作用, 互联网水平越高, 越有利于数字服务贸易发挥其结构效应。第(3)列结果显示, 产业结构优化的系数显著为负, 说明产业结构高级化程度的加深对碳减排具有促进作用。第(2)列和第(3)列回归结果显示, 数字服务贸易发展能够通过发

挥结构效应来促进碳减排,且互联网发展水平能够调节数字服务贸易的结构效应,假设3和假设6成立。

表3第(4)列和第(5)列给出了低碳技术升级作为中介变量时的回归结果。与结构效应的分析结果相似,低碳技术升级在数字服务贸易影响碳排放的机制中发挥了中介效应作用,数字服务贸易发展能够通过发挥技术效应来促进碳减排;互联网发展水平能够调节数字服务贸易的技术效应,即互联网水平越高,越有利于数字服务贸易发挥其技术效应,假设4与假设7成立。

(五) 异质性检验

1. 基于国家发展水平的异质性检验

考虑到对于不同发展水平的国家,数字服务贸易对碳排放的作用可能存在异质性,本文将样本分成发达国家与发展中国家两组^①进行分组检验。回归结果如表4的第(1)列和第(2)列所示。回归结果表明,对于发达国家和发展中国家,数字服务贸易发展水平对碳排放的影响均为负向,但发达国家的系数在10%的显著性水平下仍不显著,说明发达国家与发展中国家的数字服务贸易发展对碳排放的影响存在异质性。相比发达国家,发展中国家数字服务贸易对碳减排的积极影响更为显著,假设8成立。可能的原因在于:发展中国家的碳减排潜力空间较大,数字服务贸易发展给发展中国家产业与能源结构、低碳技术等方面带来的变革能够给当地碳减排带来较为明显的促进作用;而数字服务贸易的发展在发达国家引发变革的能力相对有限,发达国家数字服务贸易所能带来的碳减排红利不如发展中国家明显。

2. 基于数字服务贸易部门的异质性检验

考虑到不同部门的数字服务贸易对碳排放的影响可能存在异质性,本文根据UNCTAD的统计标准,将数字服务贸易分成保险和养老金服务,金融服务,知识产权使用费,电信、计算机和信息服务(ICT),其他商业服务以及视听和相关服务六大类别进行分组检验。回归结果如表4第(3)列至第(8)列所示。回归结果表明:不同部门的数字服务贸易对碳排放的影响存在异质性,假设9成立。知识产权使用费,电信、计算机和信息服务以及其他商业服务的贸易对碳减排有显著的积极影响,且电信、计算机和信息服务贸易的碳减排效应更大。由此可见,通过吸收或自主研发先进的生产工艺、数字技术、低碳技术等所引致的技术升级,对推动碳排放水平降低具有积极作用,尤其是数字技术的发展给碳减排提供了巨大的潜力。而保险和养老金服务,金融服务,视听和相关服务的贸易对碳排放的影响不显著。究其原因,一方面可能是由于上述服务贸易现有的细分领域与碳减排的联系并不紧密,另一方面可能是受到了各国数字服务进出口管制的影响。

^①发达国家包括澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、捷克、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、冰岛、爱尔兰、以色列、意大利、日本、卢森堡、荷兰、新西兰、挪威、葡萄牙、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、瑞士、英国和美国27个国家;发展中国家包括阿根廷、巴西、智利、中国、哥伦比亚、哥斯达黎加、爱沙尼亚、匈牙利、印度、印度尼西亚、哈萨克斯坦、韩国、拉脱维亚、立陶宛、马来西亚、墨西哥、秘鲁、波兰、俄罗斯、沙特阿拉伯、南非、泰国和土耳其23个国家。

表4 异质性检验结果

项目	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	发达国家	发展中国家	保险	金融	知识产权	ICT	其他商业	视听
<i>trade</i>	-0.002 01 (0.002 08)	-0.009 15*** (0.002 52)	—	—	—	—	—	—
<i>insurance</i>	—	—	0.000 69 (0.005 67)	—	—	—	—	—
<i>finance</i>	—	—	—	0.002 77 (0.006 79)	—	—	—	—
<i>intellectual property</i>	—	—	—	—	-0.014 83** (0.006 72)	—	—	—
<i>ICT</i>	—	—	—	—	—	-0.045 72*** (0.009 08)	—	—
<i>other business</i>	—	—	—	—	—	—	-0.008 44*** (0.002 20)	—
<i>audiovisual</i>	—	—	—	—	—	—	—	-0.065 23 (0.045 30)
constant	-18.068 01* (9.607 16)	-17.887 83*** (2.184 79)	-15.766 29*** (1.531 60)	-15.920 35*** (1.739 41)	-15.863 01*** (1.596 72)	-12.864 98*** (1.037 32)	-15.572 20*** (1.408 09)	-11.959 69*** (1.690 08)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
个体效应	是	是	是	是	是	是	是	是
N	364	344	728	723	705	728	727	499
R ²	0.761 9	0.718 4	0.674 2	0.674 6	0.670 1	0.713 1	0.678 3	0.579 1

五、研究结论与政策建议

为了更好地平衡服务贸易和生态环境之间的关系,探索解决碳排放问题的新思路,本文将研究重点聚焦于数字服务贸易这一新兴的贸易形式。本文从理论和实证两方面探讨了数字服务贸易发展对碳排放的影响,并对数字服务贸易碳减排机制中产业结构优化、低碳技术升级的中介效应和互联网发展水平的调节作用进行了检验。研究表明:(1)数字服务贸易的发展能够对碳减排产生积极影响,即数字服务贸易碳减排机制的规模效应显著,该结果在经过一系列稳健性检验之后依然成立。(2)机制分析结果显示,数字服务贸易发展通过发挥结构效应与技术效应推动了碳减排进程,并且互联网发展水平对数字服务贸易发展的规模效应、结构效应与技术效应均具有调节作用。(3)国家发展水平的异质性分析显示,相比发达国家,发展中国家数字服务贸易对碳减排的积极影响更为显著;数字服务贸易部门的异质性分析显示,知识产权使用费,电信、计算机和信息服务以及其他商业服务的贸易对碳减排有显著的积极影响,而保险和养老金服务,金融服务,视听和相关服务的贸易对碳排放的影响不显著。

基于以上研究结论,本文提出以下政策建议:(1)各个国家要把握住此次数字化发展机遇,通过加速数字核心技术突破、培养复合型数字人才、完善数字治理与监管规则等措施,大力促进数字服务贸易发展,并借助数字服务贸易发展带动产业结构优化和低碳技术升级,充分发挥数字服务贸易的碳减排效应,建设数字化的环境协同治理网络,助力各国碳达峰、碳中和目标的实现。特别是发展中国家,要充分利用此次机会引进先进数字服务并发展本国数字产业,培育绿色低碳新动能,借助数字服务贸易发展实现经济水平提升和碳减排的双赢目标。(2)各个国家要关注到不同部门数字服务贸易碳排放效应的异质性,通过鼓励本国高新技术创新、引进国外先进技术与服务、提高科技成果的吸收转化率等方式不断提升本国的技术水平,充分发挥知识产权使用费,电信、计算机和信息服务以及其他商业服务贸易对碳减排的推动作用。(3)世界各国要充分重视互联网、5G基站、大数据中心等信息通信基础设施的建设,保障数据的平稳、高速、安全传输,确保数字服务贸易的运输途径畅通,为数字服务贸易碳减排效应的高质量发挥提供政策保障。

[参考文献]

- [1]蔡宏波,曲如晓.美国服务贸易的环境效应——以出口为例[J].世界经济研究,2010(3):48-55+88.
- [2]陈维涛,朱柿颖.数字贸易理论与规则研究进展[J].经济学动态,2019(9):114-126.
- [3]顾高翔,王铮.技术进步推动下全球经济增长与自主碳减排效果研究[J].科学学研究,2017,35(3):379-386.
- [4]韩剑,蔡继伟,许亚云.数字贸易谈判与规则竞争——基于区域贸易协定文本量化的研究[J].中国工业经济,2019(11):117-135.
- [5]江小涓,罗立彬.网络时代的服务全球化——新引擎、加速度和大国竞争力[J].中国社会科学,2019(2):68-91+205-206.
- [6]蓝庆新,窦凯.美欧日数字贸易的内涵演变、发展趋势及中国策略[J].国际贸易,2019(6):48-54.
- [7]李锴,齐绍洲.贸易开放、经济增长与中国二氧化碳排放[J].经济研究,2011,46(11):60-72+102.
- [8]刘洪愧.数字贸易发展的经济效应与推进方略[J].改革,2020(3):40-52.
- [9]刘啟仁,陈恬.出口行为如何影响企业环境绩效[J].中国工业经济,2020(1):99-117.
- [10]马述忠,房超,梁银锋.数字贸易及其时代价值与研究展望[J].国际贸易问题,2018(10):16-30.
- [11]倪晓颀,俞顺洪.美国服务贸易出口的环境效应分析:以商业存在为例[J].国际商务——对外经济贸易大学学报,2011(4):12-18.
- [12]施炳展.互联网与国际贸易——基于双边双向网址链接数据的经验分析[J].经济研究,2016,51(5):172-187.
- [13]邵鹿峰,徐洁香.服务贸易出口净技术复杂度对产业结构服务化转型的影响——基于跨国面板模型的实证检验[J].国际商务——对外经济贸易大学学报,2017(4):49-59.
- [14]王锋,秦豫徽,刘娟,等.多维度城镇化视角下的碳排放影响因素研究——基于中国省域数据的空间杜宾面板模型[J].中国人口·资源与环境,2017,27(9):151-161.
- [15]王宪恩,段志远,王培博,等.1990—2014年典型国家技术变革与结构调整的碳排放驱动效应测度[J].资源科学,2018,40(11):2317-2327.
- [16]王智波,李长洪.轻资产运营对企业利润率的影响——基于中国工业企业数据的实证研究[J].中国工业经济,2015(6):108-121.

- [17]温忠麟,叶宝娟.有调节的中介模型检验方法:竞争还是替补[J].心理学报,2014,46(5):714-726.
- [18]熊鸿儒,马源,陈红娜,等.数字贸易规则:关键议题、现实挑战与构建策略[J].改革,2021(1):65-73.
- [19]许宪春,任雪,常子豪.大数据与绿色发展[J].中国工业经济,2019(4):5-22.
- [20]严成樑,李涛,兰伟.金融发展、创新与二氧化碳排放[J].金融研究,2016(1):14-30.
- [21]姚战琪.数字贸易、产业结构升级与出口技术复杂度——基于结构方程模型的多重中介效应[J].改革,2021(1):50-64.
- [22]姚战琪.服务业对外开放对我国产业结构升级的影响[J].改革,2019(1):54-63.
- [23]原嫒,席强敏,孙铁山,等.产业结构对区域碳排放的影响——基于多国数据的实证分析[J].地理研究,2016,35(1):82-94.
- [24]张琳杰,崔海洋.长江中游城市群产业结构优化对碳排放的影响[J].改革,2018(11):130-138.
- [25]周念利,陈寰琦.RTAs 框架下美式数字贸易规则的数字贸易效应研究[J].世界经济,2020,43(10):28-51.
- [26]周念利,姚亭亭.跨境数据流动限制对数字服务进口的影响测度及异质性考察[J].国际商务——对外经济贸易大学学报,2021a(2):1-15.
- [27]周念利,姚亭亭.数据跨境流动限制性措施对数字贸易出口技术复杂度影响的经验研究[J].广东财经大学学报,2021b,36(2):4-15.
- [28]DIETZ T, ROSA E A. Rethinking the Environmental Impacts of Population, Affluence and Technology[J]. Human Ecology Review, 1994, 1(2): 277-300.
- [29]DRISCOLL J C, KRAAY A C. Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Panel Data[J]. The Review of Economics and Statistics, 1998, 80(4): 549-560.
- [30]EHRlich P R, HOLDREN J P. Impact of Population Growth[J]. Science, 1971, 171: 1212-1217.
- [31]FERENCZ J. The OECD Digital Services Trade Restrictiveness Index [R]. OECD Trade Policy Papers, No. 221, 2019.
- [32]FERRACANE M F, MAREL E V D. Do Data Policy Restrictions Inhibit Trade in Services [J/OL]. Review of World Economics, 2021, <https://doi.org/10.1007/s10290-021-00417-2>.
- [33]GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement [J]. CEPR Discussion Papers, 1992, 8(2): 223-250.
- [34]HUI H, NAN X, FANG D, et al. The Role of Renewable Energy Consumption and Commercial Services Trade in Carbon Dioxide Reduction: Evidence from 25 Developing Countries [J]. Applied Energy, 2018, 211: 1229-1244.
- [35]LIDDLE B. Consumption-based Accounting and the Trade-carbon Emissions Nexus [J]. Energy Economics, 2018, 69: 71-78.
- [36]MELTZER J. Maximizing the Opportunities of the Internet for International Trade [R]. ICTSD Policy Options Paper, 2016.
- [37]POUMANYVONG P, KANEKO S. Does Urbanization Lead to Less Energy Use and Lower CO₂ Emissions? A Cross-country Analysis [J]. Ecological Economics, 2010, 70(2): 434-444.
- [38]STEENBLIK R, GROSSO M G. Trade in Services Related to Climate Change: An Exploratory Analysis [R]. OECD Trade and Environment Working Papers, 2011.
- [39]SUN C, MA T, OUYANG X, et al. Does Service Trade Globalization Promote Trade and Low-carbon Globalization? Evidence from 30 Countries [J]. Emerging Markets Finance and Trade, 2019(2): 1-19.

- [40] UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT. International Trade in ICT Services and ICT-enabled Services[R/OL]. (2015-10-07) [2021-08-09]. https://unctad.org/system/files/official-document/tn_unctad_ict4d03_en.pdf.
- [41] UNITED STATES INTERNATIONAL TRADE COMMISSION. Digital Trade in the U. S. and Global Economies, part 1[R/OL]. (2013-07-07) [2021-08-09]. <https://usitc.gov/publications/332/pub4415.pdf>.
- [42] ZHANG Y, ZHANG S. The Impacts of GDP, Trade Structure, Exchange Rate and FDI Inflows on China's Carbon Emissions[J]. Energy Policy, 2018, 120: 347-353.

Digital Service Trade and Carbon Emissions —Empirical Research Based on 50 Countries

HAN Jing¹, JIANG Ruyue¹, SUN Yawen²

(1. School of Economics and Resource Management, Beijing Normal University, Beijing, 100875;

2. European Economic Research Office, Institute of European Studies of Chinese

Academy of Social Sciences, Beijing, 100732)

Abstract: With the context of achieving carbon neutrality, digital means can serve as a booster to achieve net zero growth. Service trade is an active area of international economy and trade, so its digital transformation is of great significance to strengthen economic growth and cope with climate warming for countries across the world. Based on cross-country panel data, this article explored the carbon emission effects of digital service trade. The regression results show that the development of digital service trade exerts a positive impact on carbon emission reduction through scale, structural and technological effects which are all adjusted according to the development of the Internet. The analysis of heterogeneity demonstrates that the positive impact on developing countries, which digital service trade has on carbon emission reduction, is more obvious than that on developed countries. And the intellectual property royalty fee, telecommunications, computer and information services and other business services have an obviously positive impact on carbon emission reduction. Therefore, a reasonable path should be chosen by countries to promote the growth of digital service trade according to their own development, so as to give full play to carbon emission reduction effect and handle global warming positively.

Keywords: Carbon Emission; Service Trade; Digital Service Trade; Moderated Mediation Effects

(责任编辑 武 齐)