

数字贸易规则深化带来环境红利了吗

——基于贸易隐含碳视角的考察

李 丹 孟恒宇

【摘 要】文章基于 2000~2014 年世界 42 个主要经济体 MRIO 及环境账户数据,实证研究了数字贸易规则深化对出口隐含碳排放强度的影响。研究发现:(1)数字贸易规则深化能够显著降低缔约国出口隐含碳排放强度,该结论通过了多项稳健性检验。(2)机制分析表明,数字贸易规则深化主要通过强化双边价值链关联、加强制造业服务要素投入替代、加强数字中间品进口技术溢出实现对出口隐含碳排放强度的抑制效应。(3)异质性分析表明,数据流动类条款对出口隐含碳排放强度的作用效果最强,贸易环境类次之,隐私保护类条款最弱;数字贸易条款总体完善对污染密集型行业和非技术密集型行业的减排效果更明显。基于研究结论,文章对推动高水平数字贸易规则签订、提高对外开放质量和推进数字经济建设方面提出政策建议。

【关 键 词】区域贸易协定;数字贸易规则;条款深度;出口隐含碳强度;MRIO 模型

【作者简介】李丹(1981-),女,辽宁沈阳人,辽宁大学金融与贸易学院教授,研究方向为国际贸易理论与政策;孟恒宇(通讯作者)(1999-),山东济宁人,辽宁大学金融与贸易学院博士研究生,研究方向为国际贸易理论与政策,E-mail:hym_economic@163.com。

【原文出处】《国际经贸探索》(广州),2024.2.39~57

【基金项目】国家社会科学基金项目(21BJL070)。

一、引言

改革开放以来,中国凭借劳动力资源禀赋优势承接了大量的加工贸易,成为“世界工厂”,但同样也承担着来自发达国家大量的污染转移。现在国际气候谈判仍主要采用生产端责任认定方式,高碳嵌入使得中国商品出口遭受严重阻挠,同时还受到各种“威胁论”的冲击。因此,如何有效降低出口隐含碳强度,改善环境状况是中国面临的重要任务。《2030 年前碳达峰行动方案》对中国碳达峰问题作出了重要战略部署。党的二十大报告进一步强调:“人与自然是生命共同体,低碳化是实现高质量发展的关键环节,要加快发展方式绿色转型,推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。”中国一直积极推进国际气候谈判,相继参与了《京都议定书》(1997)、《巴黎协定》(2016)等多项全球气候协议的签订。随着欧盟碳边境调节机制(CBAM)过渡阶段最终实

施细则的通过,使得中国传统比较优势进一步下降;积极寻求有效措施降低出口隐含碳排放强度是当前中国应对复杂国际环境、解决气候问题的关键议题。

新一轮科技革命和产业革命不断演变,国际贸易模式已由“价值链贸易”逐步向“数字贸易”转变。在数字贸易发展新契机下,中国突破产业低端锁定、重塑产业布局以及缓解出口隐含碳排放引致的环境问题等面临新的机遇。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》(以下简称《建议》)指出要“积极参与数字领域国际规则和标准制定”,同时将环境目标纳入国际数字贸易规则谈判的考量范围。那么,数字贸易规则深化是否对贸易隐含碳排放产生抑制作用,进而带来环境红利?数字规则深化对贸易隐含碳的作用机制如何?本文研究的出发点正是基于对上述问题的思考。

与本文相关的文献主要包括三支。其一,有关数字贸易规则的研究。目前多边框架对于数字贸易规则的构建作用比较有限,而区域贸易协定中由于成员国数字产业发展阶段的不同使得区域数字贸易规则呈现异质性。以“数据跨境自由流动”“存储终端非强制本地化”“源代码非强制披露”为主要特征的“美式模板”彰显了美国追求数字贸易自由化的核心诉求(Henry, 2018)。对“视听例外”和“隐私保护”的重视同样显示了欧盟在文化传统和隐私方面的坚定立场(周念利、陈寰琦, 2018)。与此同时, RCEP 框架下的“东亚模板”初具雏形,旨在突破美欧对数字经济后发经济体的发展空间锁定,解决区域内数字经济发展不平衡问题(崔岩、杜明威, 2021)。其二,有关数字贸易规则的贸易效应研究。周念利和陈寰琦(2020)、陈寰琦(2020)、刘斌等(2021)分别从区域贸易协定是否涵盖“美式”数字贸易规则、是否涵盖“跨境数据流动条款”和规制融合等不同视角,研究了数字贸易规则对数字贸易的影响。在此基础上,彭羽等(2021)考察了条款异质性指数和数字贸易规则深度对数字贸易的影响。彭羽、杨碧舟(2023)进一步考察了双边数字贸易规则签署的第三国效应。服务贸易方面,有学者发现数字贸易规则深化同时促进了服务出口的扩展边际和集约边际(刘志中、陈迁影, 2022)。国际分工合作方面,有学者发现数字贸易规则能有效提高中国企业全球价值链上游度(侯俊军等, 2023)。其三,有关出口隐含碳的研究。总的来说,投入产出分析是研究经济体间贸易隐含碳转移问题最常用的工具, Kander et al. (2015)以世界平均水平标准化碳排放强度,基于 MRIO 对各国碳排放水平进行测算。Meng et al. (2018)将贸易隐含碳核算同总贸易核算框架进行融合,重新核算出口隐含碳,解决了中间产品多次跨境导致的碳排放重复计算问题。这是本文指标构建的重要依据,同时也为碳排放责任认定的精细化提供了技术支持(Airebule et al., 2023)。还有学者在增加值框架下,对中美贸易中向国外转移的碳排放进行估计(Dai et al., 2021)。另外,国内外学者立足不同视角对出口隐含碳影响因素进行探讨,研究发现提升金融效率和金融化程度(Huang & Zhao, 2018)、在推动技术进步的前提

下提高 GVC 参与度(吕延方等, 2019)、推进制造业服务化和数字化转型(Huang et al., 2022; Huang & Zhang, 2023)是降低出口隐含碳排放强度的重要手段。

相比已有文献,本文可能的边际贡献在于:第一,已有文献更多地关注数字贸易条款的整体出口贸易效应,较少对其中的贸易隐含碳排放问题进行细化分析。对此,本文直击数字贸易条款的贸易隐含碳排放问题,同时全面考察数字贸易条款对贸易隐含碳排放的内在机理,深化和细化该领域的研究。第二,本文从数字贸易条款类型异质性和行业差异性对数字贸易条款的碳减排效应进行细化,为中国参与国际数字贸易规则制定、推动数字贸易自由化进程提供了政策依据。

二、理论机制和研究假说

(一)双边价值链关联效应

信息通信技术的发展使得以互联网为载体的数字贸易成为促进国际生产分工进一步深化的重要驱动力。数字贸易规则作为数字贸易的法律依据和制度基础,其条款的完善能够加深双边价值链关联程度,细化两国间的生产分工模式,实现出口隐含碳排放强度降低。一方面,数字贸易规则包含大量跨境数据流动条款,条款的深化能大幅增强互联网的数据跨境传输效率,保障市场信息和监管信息传递的及时性和有效性,降低企业的搜寻成本和信息成本,企业能以较低的成本匹配到符合需求的高质量中间品(Dana & Orlov, 2014),进而实现双边价值链关联深化。另一方面,数字贸易规则完善不仅有助于扩大交易范围,而且有助于提高交易效率,减少交易费用和库存成本,同时还能够简化海外市场开拓和通关程序,降低企业出口的固定成本,从而使更多中小企业嵌入价值链,提高双边价值链关联广度(Antràs & Helpman, 2004)。而其对出口隐含碳强度的降低作用主要体现在如下两点:其一,依照 Vogel(1995)环境收益假说,双边价值链关联的深化能引发缔约国间环境标准和消费者环境偏好趋同,数字贸易条款的完善能够加速缔约国间环保、安全等标准沿价值链的传递效率,推动企业改善污染问题。其二,双边价值链关联的广延使得对国际市场运作并不熟悉的企业能够迅速加入国际分工体系,数字贸易规则完

善能进一步倒逼企业进行技术革新,实现价值链攀升,从而缓解下游企业的环境污染问题(陈浩、郑洁,2022)。

由此,本文提出假说1:数字贸易规则深化通过加固双边价值链关联效应降低出口隐含碳排放强度。

(二) 服务要素替代效应

服务性投入有利于高生态效率的可持续产出体系形成。数字贸易规则深化能有效实现要素的替代效应,具体实现机制体现在如下两个方面:其一,与货物要素不同,服务要素对进口国内的制度环境存在较高依存度(林僊、鲍晓华,2018)。由于各经济体在数字贸易规则构建方面存在差异化诉求,数字贸易规则博弈深化和规制融合过程能够缩小缔约国间的制度距离(陈寰琦,2022),从而实现要素投入服务化。其二,服务贸易的无形性使得服务要素进口依赖于互联网、数字交换等技术媒介(周念利、包雅楠,2021)。区域贸易协定中相关数字条款明确提出要加强缔约双方在 ICT 访问、使用和技能等方面的合作,能够有效增益缔约国数字技术水平,满足服务要素投入的基础设施需求。服务要素替代主要通过两方面削减出口隐含碳排放强度:其一,服务要素投入替代能够缓解要素市场的结构扭曲,改善以“劳动—资本”为主要投入的传统生产模式中稀缺性要素的约束问题,从而提升能源效率,缓解生产污染(林伯强、杜克锐,2013)。其二,数字贸易规则加持下,服务要素与传统要素融合,有利于开创数字经济时代下智能化生产模式,通过构建工业数字化平台,提高能源部门与各部门间的强关联效应和互动效应,实现能源、运输、贮存、消费统筹控制,有效降低出口部门隐含碳强度(汪东芳、曹建华,2019)。

基于此,本文提出假说2:数字贸易规则深化通过增强制造业服务要素投入替代效应降低出口隐含碳强度。

(三) 数字中间品绿色技术溢出效应

绿色技术革新是减污降碳、提高经济发展效率与质量的重要驱动力,也是降低出口隐含碳强度的必要手段。数字贸易规则强化了信息流通,能够解除地理边界对知识溢出效应的限制(Das & Andriamananjara,2006)。一方面,电子商务便利化条款中

数字产品“无关税”“非歧视性原则”等规定,有效提升了 ICT 产品贸易流量和数字中间品投入规模(孙玉红等,2021;齐俊妍等,2023)。与一般中间产品不同,数字中间品具有网络特征,因此数字中间品进口的绿色技术溢出效应存在规模效应,即数字中间品投入规模越大,其绿色技术溢出效应越强。另一方面,在国际生产分工背景下,嵌入在数字产品中的非物化型知识会发生二次溢出,数字贸易规则完善能降低信息交换壁垒,提升信息流动效率,充分发挥数字产品绿色技术溢出的交叉网络外部效应(刘斌、甄洋等,2022)。绿色技术溢出对出口隐含碳强度的作用主要体现在两个方面:其一,数字中间品进口的绿色技术溢出效应能有效提高绿色技术在缔约国间的流动效率,实现绿色技术共享,并在国际生产分工环节中实质性改善出口隐含碳排放效率。其二,在完备的数字贸易规则加持下,绿色技术溢出能增进缔约国对绿色技术的消化吸收和整合能力,通过学习和二次创新提升技术效率,降低出口隐含碳排放强度。

据此,本文提出假说3:数字贸易规则深化通过增强数字中间品进口的绿色技术溢出效应降低出口隐含碳强度。

三、研究设计

(一) 模型设定

本文构建计量模型如下:

$$\ln EEX_{ijkt} = \beta_0 + \beta_1 ldep_{ijt} + \beta_2 othersldep_{ijt} + \beta_3 controls + \theta_{ij} + \theta_{ik} + \theta_{jk} + \theta_{it} + \theta_{jt} + \varepsilon_{ijkt} \quad (1)$$

其中式(1)中的下标 i 、 j 、 k 、 t 分别表示了出口国、进口国、行业、时间。被解释变量 EEX_{ijkt} 表示 i 国在第 t 年 k 行业中出口到 j 国的产品或服务所隐含的碳排放强度,核心解释变量 $ldep_{ijt}$ 表示 i 、 j 两国第 t 年区域贸易协定中的数字贸易规则深化程度。数字贸易规则存在非歧视性条款,其生效时对非缔约国产生溢出效应。本文通过引入进口国 j 同排除出口国 i 外的其他国家签订的 RTA 中数字贸易条款深度平均指数 $othersldep_{ijt}$ 来控制这种溢出效应(彭羽、杨碧洲,2023)。Controls 为除数字贸易规则深化第三国效应外的其他控制变量。 θ_{ij} 、 θ_{it} 、 θ_{jt} 、 θ_{ik} 、 θ_{jk} 分别表示国家对固定效应、出口国—时间固定效应、进口国—时间固定效应、出口国—行业固定

效应和进口国—行业固定效应。引入国家对、国家—时间固定效应能够有效缓解数字贸易规则深度与出口隐含碳排放强度间反向因果关系。 ε_{ijkt} 为随机扰动项。

(二) 变量说明与数据来源

1. 被解释变量。

出口隐含碳排放强度(EEX_{ijkt})。出口隐含碳作为一种“负向”贸易利得,代表了一国贸易中的环境成本,该成本与贸易规模高度相关,贸易规模的扩大往往带来隐含碳排放总量的增加。因此,对单位增加值出口产品中隐含碳量的研究更具备现实意义,反映了为获得每一“正向”贸易利得付出的环境成本。

现有研究多采用出口隐含碳总值与总国内出口增加值作为出口隐含碳排放强度的代理指标。而数据的重复计算导致了指标度量误差,会夸大真实的“环境成本”。因此本文采用总贸易核算体系将出口隐含碳按照后向关联法分解为国内隐含碳排放(EET)、返回国内消费碳排放(REE)、国外碳排放(FEE),将其与同样采用产业链后向关联法分解的总出口进行对应,精准追踪一国出口隐含碳来源及该商品或服务的最终消费,有效防止重复计算带来的度量误差问题(Meng et al., 2018)。具体如下:

$$EEX_{ijkt} = \frac{EET_FIN_{ijkt} + EET_INT_{ijkt} + EET_INT_REX_{ijkt}}{DVA_FIN_{ijkt} + DVA_INT_{ijkt} + DVA_INT_REX_{ijkt}} \quad (2)$$

其中下标 i 代表出口国, j 代表进口国, k 代表行业, t 代表年份。 EET_FIN_{ijkt} 表示 t 年 i 国 k 行业出口到 j 国并最终被伙伴国消费的最终产品中隐含的国内碳排放量, EET_INT_{ijkt} 表示 i 国 k 行业出口到 j 国并最终被伙伴国消费的中间品中隐含的国内碳排放量, $EET_INT_REX_{ijkt}$ 表示 i 国 k 行业出口到 j 国并最终被第三国消费的中间品中隐含的间接国内碳排放量。 DVA_FIN_{ijkt} 、 DVA_INT_{ijkt} 、 $DVA_INT_REX_{ijkt}$ 分别为与上述出口隐含碳相对应的国内增加值。 EEX_{ijkt} 表示 i 国向进口国 j 出口并且在海外被消费的所有中间或最终产品引致的碳排放强度,即出口国单位增加值的真实环境成本。

2. 解释变量。

数字贸易规则深度指数。本文基于 TAPED 数据库构建数字贸易规则深度指数。该数据库收录了

188 个包含数字贸易规则的 RTA,考察了 8 大类,共计 99 项数字贸易规则条款,包括:电子商务、数据流通、服务章节中的数据及传输、知识产权(IP)、特殊设定、大数据相关的货物贸易、一般例外和 WTO_notified。鉴于编号 1. 39. 1 和 1. 39. 2 的条款旨在考察电子商务的文本特征,WTO_notified 旨在考察 RTA 是否在 WTO 注册,与本文研究问题无关,因此这三项条款在指标构建时予以删除。

对于上述条款,TAPED 数据库按照 RTA 中是否包含相应条款以及其对缔约国的约束力程度进行赋值。具体赋值方式如图 1:若 RTA 中不包含某数字贸易条款,赋值 0 分。若包含该条款,则按照约束力大小将其分为“软”约束、“混合”约束和“硬”约束。“软”约束指不能由缔约方强制执行的约束,无法通过争端解决机制进行索赔,赋值 1 分;“硬”约束指具有强制执行力的约束,即缔约方能够在协议的争端解决机制下为失信行为向另一缔约方索赔,赋值 3 分;同时包含“软”约束和“硬”约束的条款被视为“混合”约束条款,赋值 2 分。本文将赋值 3 分的数字贸易规则作为深度数字贸易规则。

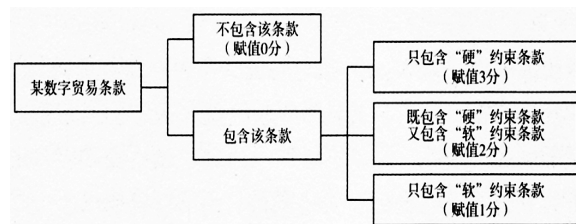


图 1 TAPED 数据库数字贸易规则深度赋值方式

由于 TAPED 数据库提供数据无法直接构建数字贸易规则深度指数,因此本文对其进行如下清洗工作:(1)识别生效样本区间。TAPED 数据库中所给时间为数字贸易规则条款对应的 RTA 签订时点,为保证数字贸易规则深度指数在样本期间的连续性,需要把时点数据转化为时段数据,方法如下:若签订时点为当年的 1 月 1 日至 6 月 30 日,则将该年及以后作为生效样本区间;若签订时点为当年的 7 月 1 日至 12 月 31 日,则将次年及以后作为生效样本区间。(2)识别最高条款得分。若缔约国双方在同年处于多个包含数字贸易规则的 RTA 的生效样本区间,则对于每一数字贸易条款,取所有 RTA 中最高赋值作为当年该条款的深度得分。

借鉴 Mattoo et al. (2017)、Laget et al. (2020) 的做法,将各分条款得分加总并标准化,得到数字贸易规则深度指数。具体构建方法如下:

$$ldepth_{ijt} = \sum_m provision_{ijtm}, m = 1, 2, \cdots, 96 \tag{3}$$

$$ldep_{ijt} = \frac{ldepth_{ijt}}{\max(ldepth)} \tag{4}$$

其中, $provision_{ijtm}$ 表示具体的数字贸易条款得分,若协定涵盖具有强制约束力的条款 m 则赋值为“3”,否则为“0”。 $ldepth_{ijt}$ 表示缔约国双方 t 年的数字贸易规则总深度,标准化后得到数字贸易规则深度指数 $ldep_{ijt}$;该指数在 $[0, 1]$ 间取值,反映了 i 国与 j 国签订的 RTA 中,数字贸易规则的总体深化程度。

3. 控制变量。

(1) 第三国效应 ($othersldep_{ijt}$)。借鉴彭羽、杨碧舟(2023)的方法,构建与除出口国外其他国家签订的 RTA 中数字贸易规则综合深度指数来衡量进口国 RTA 签订的溢出效应。构建方法如下:

$$othersldep_{ijt} = \frac{\sum_v X_{jv(15-17)} ldep_{jvt}}{\sum_v X_{jv(15-17)}}, v \neq i \tag{5}$$

本文采用加权平均的方式衡量进口国与其他国家签署 RTA 对出口国贸易隐含碳排放强度的外溢作用。式中 $ldep_{jvt}$ 为进口国 j 与非出口国 v 间的数字贸易规则深度指数。由于 RTA 缔约国间贸易联系越密切,溢出效应越大。因此本文选用 2015~2017 年(非样本期)非出口国 v 对进口国 j 的平均数字服务贸易出口额 $X_{jv(15-17)}$ ^① 作为权重,有效规避内生性问题。

(2) 行业产业规模 (GO_{ikt})。行业产出规模是影响出口隐含碳的重要因素。本文选用行业总产值作为行业产出规模的代理变量。

(3) 劳动密集程度 (EMP_{ikt})。行业劳动密集度与全球价值链嵌入位置高度相关,相比高端行业,低附加值行业可能会带来更高环境成本。本文选用行业从业人数作为劳动密集程度的代理变量。

(4) 行业劳动力成本 (LAB_{ikt})。经济发展通常伴随着劳动力成本上升,劳动力成本对出口隐含碳产生倒逼作用。本文选用劳动报酬作为劳动力成本的代理变量。

(5) 行业能源结构 (EST_{ikt})。能源结构和能源效率是碳排放最主要的抑制因素,煤炭是碳排放系数最高的能源。本文以煤炭在所有能源消耗中的占比作为能源结构的代理指标。

4. 数据来源及说明。

本文将 2000~2014 年 OECD 国家和主要发展中经济体共 42 个国家和地区^② 56 个行业数据作为考察对象,共计 1411262 个观测值。被解释变量出口隐含碳排放强度数据来源于世界投入产出数据库(WIOD, 2016)、世界投入产出数据库环境账户(WIOD Environment Account)以及 UIBE GVC 数据库。解释变量数字贸易规则深度数据来源于 TAPED 数据库,该数据库是由卢塞恩大学团队研发维护,包含了 2000~2020 年 188 个含有数字贸易规则条款 RTA 的签署信息(协议名称、协议类型、签署日期、生效日期、中途加入或退出、协议升级、条款编写语言、数字贸易条款得分),考察范围内共有 47 个 RTA 协议,其中包含 12 个双边协议和 35 个多边协议。控制变量数据来源于 OECD 数据库、世界投入产出数据库社会经济账户(WIOD Social Economic Account)、世界投入产出数据库环境账户(WIOD EA)。描述性统计分析结果如表 1 所示。

表 1 描述性统计

变量分类	变量名称	变量符号	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	出口隐含碳排放强度对数	lnEEX	2. 675	2. 345	0	78. 888
核心解释变量	数字贸易规则深度	ldep	0. 223	0. 314	0	1
控制变量	第三国效应	othersldep	0. 246	0. 229	0	0. 773
	行业产出规模对数	lnGO	8. 178	2. 976	0	15. 050
	劳动密集程度对数	lnEMP	3. 945	2. 303	0	12. 491
	行业劳动力成本对数	lnLAB	6. 790	2. 767	0	14. 403
	行业能源结构	lnEST	0. 053	0. 165	0	0. 999

表 3 稳健性检验 I

变量	lnEETX	lnEEX	lnEEX	lnEEX	lnEEX
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ldep	-1.318*** (0.075)				
dep1		-1.382*** (0.079)			
dep2			-1.366*** (0.078)		
dep_force				-1.530*** (0.091)	
DummyRTA					-0.835*** (0.050)
_cons	8.650*** (0.450)	7.353*** (0.358)	7.342*** (0.360)	6.144*** (0.419)	6.618*** (0.351)
控制变量	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是
N	1273170	1411262	1411262	1411262	1411262
Adj R ²	0.5991	0.5770	0.5770	0.5821	0.5768

2. 变更估计方法。

(1)多时点 DID 适用于处理组个体遭受政策冲击异时情况下的政策效应评估,能有效避免模型内生性问题,本文尝试构建多时点双重差分项 $DummyRTA_{ijt} = treat_{ij} \times post_{ijt}$, 识别变量因果关系。具体构建方法为:若国家 i 和国家 j 缔结含“强”约束数字贸易条款的 RTA,则 $treat_{ij}$ 赋值为 1;并在缔约国签署 RTA 之后的年份, $post_{ijt}$ 赋值为 1;其余赋值为 0。使用多时点 DID 模型需要通过平行趋势假定,因此本文采用事件分析法进行平行趋势检验,结果如图 2 所示,签订数字贸易条款前,出口隐含碳强度没有明显的差异化趋势,满足平行趋势假设。多时点 DID 模型的估计结果见表 3 第(5)列,估计系数显著为负,说明了基准回归结论的稳健性。

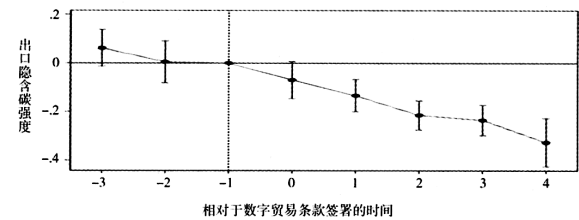


图 2 平行趋势检验

(2)泊松伪极大似然估计 (PPML) 多适用于被解释变量零值过多的情况,且该估计方法能缓解模型的异方差问题。本文选用 PPML 方法进行再估计,结果见下页表 4 第(1)列。因此,改变估计方法并未影响本文结论的基本结论。

3. 更换回归样本。

(1)改变样本划分期间。区域数字贸易条款的实施以及出口隐含碳排放强度对数字贸易规则深化的反应存在时滞。因此本文以 3 年为界将样本重新划分为 5 个区间,估计结果如表 4 第(2)列所示, $ldep_{ijt}$ 的估计系数显著为负,说明样本区间重新划分不影响区域数字贸易条款深化对出口隐含碳排放强度的作用效果。

(2)缩尾处理。出口隐含碳排放强度的分布可能有偏,为避免极端样本对估计结果的干扰,本文对被解释变量进行了 5% 的缩尾处理,估计结果如表 4 第(3)列所示,对离群值进行剔除后,核心解释变量估计系数仍显著为负。

(3)去除行业维度。参考 Huang et al. (2022) 的做法,本文选择了国家对一时间层面的面板数据,并引入国家对、出口国—时间和进口国—时间固定效

应来考察国家层面数字贸易规则条款的完善对出口隐含碳排放强度的影响。估计结果如表4第(4)列所示。对数据降维处理不影响结论的稳健性。

4. 内生性问题识别与处理。

(1) 多边区域贸易协定的签订会同时受到多种影响因素的作用,与出口国隐含碳排放强度关系不大,因此本文在剔除双边贸易协定的基础上进行稳健性检验,结果见表4第(5)列,系数估计量显著为负说明基准回归结论稳健。

(2) 数字贸易规则深度同出口隐含碳排放强度间可能存在反向因果关系,即出口隐含碳排放强度较低的国家往往倾向于签订涵盖更完善数字贸易条款的区域贸易协定。为解决内生性问题,本文采取两阶段最小二乘法进行稳健性检验。本文将人均GDP作为权重匹配其他国家和地区(除出口国和进口国外)间的数字贸易规则深度作为出口国与进口国间数字贸易规则深度的工具变量。具体如下:

$$ldep_{ij}^{IV} = \sum_{c \neq i, d \neq j} ldep_{cd} \times SI_{ci} \times SI_{dj} \tag{6}$$

其中, $ldep_{cd}$ 代表 c 国与 d 国间的数字贸易规则深度指数, c 国和 d 国为除出口国、进口国外的其他经济体, SI 代表权重,具体权重构建方法如下:

$$SI_{ci} = 1 - \left(\frac{pcGDP_i}{pcGDP_i + pcGDP_c} \right)^2 - \left(\frac{pcGDP_c}{pcGDP_i + pcGDP_c} \right)^2 \tag{7}$$

$$SI_{dj} = 1 - \left(\frac{pcGDP_j}{pcGDP_j + pcGDP_d} \right)^2 - \left(\frac{pcGDP_d}{pcGDP_j + pcGDP_d} \right)^2 \tag{8}$$

表 4 稳健性检验 II

变量	PPML	重新划分样本	缩尾处理	去除行业维度	剔除双边协定
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ldep	-0.236*** (0.018)	-1.650*** (0.097)	-1.602*** (0.094)	-1.142*** (0.046)	-1.631*** (0.100)
_cons	2.057*** (0.116)	6.639*** (0.449)	6.528*** (0.419)	-99.728*** (20.090)	6.009*** (0.419)
控制变量	是	是	是	是	是
固定效应	是	是	是	是	是
N	1297110	470435	1411262	25215	1411262
Adj R ²		0.6138	0.5829	0.6182	0.5827
Pseudo R ²	0.2252				

其中, $pcGDP$ 代表经济体的人均 GDP。根据权重的表达式可知,出口国、进口国之外的其他经济体 c 国和 d 国与出口国 i 和进口国 j 之间的人均 GDP 水平越接近,则赋予 c 国与 d 国间数字贸易规则深度的权重越高。

选取上述指标作为工具变量的原因在于:其一,其他国家或地区间的数字贸易规则深化对出口国—进口国间数字贸易规则深化产生重要影响。依据 Baldwin(1993)“多米诺”理论, I-J 两国数字贸易规则深化一方面会提高第三国 C 同 I-J 两国进一步签订包含数字贸易条款 RTA 的意愿,另一方面还会增强 C 国与其他国家 D 间签署涵盖数字贸易规则的 RTA 的动力。人均 GDP 水平相似的国家在贸易政策的选择上往往具有趋同效应,因此将人均 GDP 作为权重的主要参考指标。其二,其他经济体间的数字贸易规则深度对出口国与进口国间贸易隐含碳排放强度的影响微乎其微。以中国—日本数字贸易规则深度为例,将除中日外其他经济体间数字贸易规则深度的加权值作为中国同日本间数字贸易条款深度的工具变量,所选出口国同中国人均 GDP 水平越接近,且进口国同日本人均 GDP 水平越接近,则其被赋予的权重就越大。

此外,本文将滞后一期数字贸易规则深度指数作为另一工具变量。历史时期数字贸易条款是当前时期数字贸易条款制订的重要依据,满足相关性假设。而历史时期的数字贸易条款深度数据对当前国家间出口隐含碳排放强度不具有直接作用。

两阶段最小二乘结果如表 5 第 (1) ~ (4) 列所示,第(1)列和第(3)列是匹配所得数字贸易规则深度作为工具变量的回归结果,第(2)列和第(4)列为滞后一期数字贸易规则深度指数作为工具变量的回归结果。KP rk LM 和 KP rk Wald F 统计量的估计结果均拒绝了“工具变量识别不足”和“工具变量弱识别”假设,说明了本文工具变量选择的合理性。

表 5 内生性检验

变量	匹配所得 工具变量	滞后一期 ldep 工具变量
	(1)	(2)
ldep ^{IV}	-0.004*** (0.000)	1.036*** (0.000)
_cons	-0.343*** (0.050)	-0.054 (0.040)
控制变量	是	是
固定效应	是	是
第二阶段回归	(3)	(4)
ldep	-1.695*** (0.560)	-1.587*** (0.094)
_cons	2.865*** (0.097)	1.170*** (0.034)
控制变量	是	是
固定效应	是	是
KP rk LM 统计量	55.996 [0.000]	55.998 [0.000]
KP rk Wald F 统计量	8.2e+05 {16.38}	7.0e+09 {16.38}
N	1411262	1316896

(三) 异质性分析

1. 数字贸易条款异质性。

目前各国之间存在较大的理念差异,对于不同数字贸易条款难以达成统一意见。在此背景下,厘清不同具体条款深化对出口隐含碳排放强度的异质性作用,能够明确中国在推进高水平数字贸易规则合作中的优先次序。本文借鉴彭羽等(2021)的做法,将数字贸易相关条款分为“数据开放”“贸易环境”“隐私保护”三个主要大类,构建数字贸易规则异质性指标($index_{ijt}$)作为核心解释变量,并按照与基准回归相同的

方法构造异质性条款对应的第三国效应指标($others_index_{ijt}$)进一步实证讨论,考察不同类型数字贸易规则对出口隐含碳排放强度的异质性作用。

具体估计结果见下页表 6 第(1)~(3)列。结果表明,数据开放类条款对出口隐含碳排放强度的抑制作用最强,贸易环境类条款次之,隐私保护类条款最弱。可能的原因在于数据开放类条款作为数字贸易规则中的核心条款,为数据跨境流动便利化提供了制度保障,直接强化了环境技术与环保标准的跨境扩散和使用,对出口隐含碳强度的抑制作用较为直接。贸易环境类条款主要通过改善电子商务贸易的营商环境,促进双方贸易开放程度,以贸易开放带动制造业绿色转型,这种拉动作用受到各国经济发展水平、人力资本水平以及研发水平限制(彭星、李斌,2015)。此外,电商平台与直播带货的过度繁荣,会使收入差距扩大,一定程度上加剧污染,从而削弱数字贸易规则深化降低出口隐含碳强度的作用效果(占华,2016),因此其对出口隐含碳强度的降低作用相对弱于数据开放类条款。隐私保护类条款的作用效果与其保护程度有关。一方面,过低的数据保护程度使得企业考虑技术外溢,会削弱绿色技术的跨境传输动力(Guellec et al.,2018);另一方面,过高的保护程度会提高模仿学习和二次创新门槛,不利于发挥绿色技术溢出的交叉网络效应。与上述两类条款相比,隐私保护类条款对出口隐含碳排放强度抑制效应相对最弱。

2. 行业异质性。

(1) 基于污染密集度的行业异质性。依据“污染天堂”理论,国际贸易的存在以及国际生产分工的细化使得环境规制较为严苛的发达国家将污染密集型产品的生产过程转嫁到环境规制较弱的发展中国家,污染程度不同的行业对数字贸易规则深化的反应程度存在差异。本文按照污染差异将产业部门区分为污染密集型产业和非污染密集型产业^④,具体估计结果见表 6 第(4)~(5)列,结果表明数字贸易规则完善对污染密集型行业的抑制作用强于非污染密集型行业。可能的原因在于污染密集型行业多为能源指向性行业,产业协同能力差。数字贸易规则完善促进了污染密集型行业与生产性服务业的产业协同集聚实现对污染密集型行业的强减排作用(蔡海亚等,2020;郭然、袁毅军,2022)。

其中 $\text{Substitution}_{ijkt}$ 表示 i 国 k 制造业对 j 国服务要素的直接消耗系数, Service_{ijkt} 表示 i 国 k 制造业来源于 j 国的服务业的中间投入, Total_{ijkt} 表示 i 国 k 制造业来自 j 国所有行业中间投入。本文基于式 (9)~(10) 进行实证检验。回归结果见表 7 第 (5)~(6) 列, 第 (5) 列 idep 估计系数显著为正, 第 (6) 列 $\ln\text{Substitution}$ 估计系数显著为负, 说明数字贸易规则深化能促进制造业的服务要素投入替代, 实现对出口隐含碳排放强度的抑制作用。假说 2 得证。

(三) 数字中间品进口绿色技术溢出效应

学者主要选用 R&D 投入强度, 通过构建直接消耗系数矩阵, 分解得到内嵌在中间品投入中的技术溢出效应。但是, 一方面由于各国研发效率具有异质性, R&D 投入无法精准识别技术研发效率以及技术创新的绿色性; 另一方面, WIOD 数据库行业分类过于简略, 涉及到的数字行业较少。因此, 为了更精准识别数字贸易规则缔约国间数字中间品进口, 以及嵌入其中的绿色技术溢出效应, 本文基于 Madsen (2007) 的方法进行了拓展, 具体指标构建如下:

1. 测算一国绿色技术存量。本文采用世界知识产权组织 (WIPO) 的环境类科技 (Environmental Technology) 专利数据表示一国的绿色技术创新, 基于永续盘存法计算绿色技术存量:

$$S_{it}^d = I_{it-1} + (1-\delta)S_{it-1}^d \quad (14)$$

其中 S_{it-1}^d 是 i 国前一期绿色技术存量, I_{it-1} 是 i 国前一期新增绿色技术创新, δ 为折旧率 (这里设定为 0.05)

$$S_{i2000}^d = S_{i2000} / (\bar{g}_i + \delta) \quad (15)$$

S_{i2000}^d 代表期初的绿色技术存量, S_{i2000} 代表 2000 年新增绿色技术创新, $\bar{g}_i$ 表示 i 国从 2000~2014 年绿色技术流量年均增长速度。通过式 (15) 计算期初绿色技术存量, 然后代入式 (14) 即可得到各年绿色技术存量。

2. 测算数字中间品进口的绿色技术溢出效应。本文基于 CEPII-BACI 数据库识别数字中间品进口, 具体识别方式为: 先将 UNCTAD 信通产品定义 (2014) 中 ICT 产品对应的 HS2012 编码转换为 HS1996, 然后将 HS1996 与 BEC 编码进行匹配, 得到数字中间品的 HS1996 编码共计 43 类数字中间品,

将所有数字中间品贸易额加和得到贸易总额, 在此基础上构建数字中间品进口绿色技术溢出效应变量。

$$\text{Spillover}_{ijt} = (M_{ijt} / Y_{jt}) S_{jt}^d \quad (16)$$

其中 S_{ijt}^d 表示 i 国从 j 国进口数字中间品获得的绿色技术溢出效应, M_{ijt} 代表 j 国出口到 i 国的数字中间品贸易额, Y_{jt} 表示 j 国的名义 GDP。需要特别说明的是, 绿色技术溢出效应指标仅能计算到“出口国—出口市场—年份”三维层面数据, 因此在模型中仅固定国家对、国家—年份固定效应, 并选用出口国层面的聚类稳健标准误。

本文对数字贸易规则深化对数字中间品进口技术溢出的作用效果进行实证分析, 结果见下页表 7 第 (7)~(8) 列, 第 (7) 列 idep 估计系数显著为正, 第 (8) 列 $\ln\text{Spillover}$ 估计系数显著为负, 因此推断数字贸易规则深化通过加强数字中间品绿色技术溢出效应降低出口隐含碳排放强度。假说 3 得证。

六、结论与政策建议

当前, 中国经济发展进入新时代, 经济发展方式逐步由粗放式规模扩张型增长向集约式质量效率型增长过渡, “数字技术”作为目前世界经济的核心关键词, 数字贸易规则话语权的掌握对推动经济可持续发展的重要性不言而喻。在此背景下, 本文以 OECD 国家及主要发展中经济体作为研究对象, 实证研究了数字贸易规则深化对出口隐含碳排放强度的影响, 得到一系列重要结论: 其一, 数字贸易条款深度的提升具有明显的减排效应, 其能够通过强化双边价值链关联、加强制造业服务要素投入替代、加强数字中间品进口绿色技术溢出对出口隐含碳排放强度产生显著的抑制作用。其二, 异质性分析表明, 不同类型的数字贸易条款对出口隐含碳排放强度的作用效果存在差异, 数据流动类条款减排效应最强, 贸易环境类条款次之, 隐私保护类条款作用效果最弱。数字贸易规则总体完善对污染密集型行业和非技术密集型行业的减排效果更为明显。近年来, 区域贸易协定谈判中, 数字贸易相关章节愈发细化, 其涉及的范围不断扩张, 内容逐步完善, 因此数字贸易规则对出口隐含碳的抑制作用将会不断增强。基于此, 本文提出以下政策建议:

相关服务及信息服务活动(J62_J63)。其余行业为非技术密集型行业。

参考文献:

[1]蔡海亚,徐盈之,赵永亮,2020.产业协同集聚、制造业效率与雾霾污染[J].中国地质大学学报(社会科学版)(2):60-73.

[2]陈浩,郑洁,2022.制造业价值链攀升能否成为我国节能减排的动力?[J].商业研究(2):67-77.

[3]陈寰琦,2020.签订“跨境数据自由流动”能否有效促进数字贸易——基于OECD服务贸易数据的实证研究[J].国际经贸探索(10):4-21.

[4]陈寰琦,2022.国际数字贸易规则博弈背景下的融合趋向——基于中国、美国和欧盟的视角[J].国际商务研究(3):85-95.

[5]崔岩,杜明威,2021.“东亚模板”数字贸易规则相关问题探析——基于中日韩合作的视角[J].日本学刊(4):62-82.

[6]郭然,原毅军,2022.互联网发展对产业协同集聚的影响及其机制研究[J].统计研究(6):52-67.

[7]侯俊军,王胤丹,王振国,2023.数字贸易规则与中国企业全球价值链位置[J].中国工业经济(4):60-78.

[8]林僖,鲍晓华,2018.区域服务贸易协定如何影响服务贸易流量?——基于增加值贸易的研究视角[J].经济研究(1):169-182.

[9]林伯强,杜克锐,2013.要素市场扭曲对能源效率的影响[J].经济研究(9):125-136.

[10]刘斌,甄洋,2022.数字贸易规则与研发要素跨境流动[J].中国工业经济(7):65-83.

[11]刘斌,甄洋,李小帆,2021.规制融合对数字贸易的影响:基于WIOD数字内容行业的检验[J].世界经济(7):3-28.

[12]刘志中,陈迁影,2022.数字贸易规则与服务出口二元边际:基于RTA文本的量化研究[J].世界经济研究(9):34-47+135-136.

[13]吕延方,崔兴华,王冬,2019.全球价值链参与度与贸易隐含碳[J].数量经济技术经济研究(2):45-65.

[14]彭星,李斌,2015.贸易开放、FDI与中国工业绿色转型——基于动态面板门限模型的实证研究[J].国际贸易问题(1):166-176.

[15]彭羽,杨碧舟,2023.区域贸易协定数字贸易规则的第三国贸易效应:转移还是溢出[J].国际贸易问题(1):36-54.

[16]彭羽,杨碧舟,沈玉良,2021.RTA数字贸易规则如何影响数字服务出口——基于协定条款异质性视角[J].国际贸

易问题(4):110-126.

[17]齐俊妍,李月辉,强华俊,2023.对外缔结RTA数字贸易规则能否促进本国产业数字化发展[J].国际经贸探索(8):40-56.

[18]孙玉红,于美月,赵玲玉,2021.区域数字贸易规则对ICT产品贸易流量的影响研究[J].世界经济研究(8):49-64.

[19]汪东芳,曹建华,2019.互联网发展对中国全要素能源效率的影响及网络效应研究[J].中国人口·资源与环境(1):86-95.

[20]杨玲,2015.生产性服务进口贸易促进制造业服务化效应研究[J].数量经济技术经济研究(5):37-53.

[21]占华,2016.收入差距扩大是否加剧了中国的环境污染?——基于省际碳排放的证据[J].南开经济研究(6):126-139.

[22]周念利,包雅楠,2021.数字服务贸易限制性措施对制造业服务化水平的影响测度:基于OECD发布DSTRI的经验研究[J].世界经济研究(6):32-45+135-136.

[23]周念利,陈寰琦,2018.数字贸易规则“欧式模板”的典型特征及发展趋向[J].国际经贸探索(3):96-106.

[24]周念利,陈寰琦,2020.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(10):28-51.

[25]Airebule, P., H. Cheng, and J. Ishikawa. 2023. Assessing carbon emissions embodied in international trade based on shared responsibility[J]. Journal of the Japanese and International Economies 68:101260.

[26]Antràs, P. and Helpman, E. 2004. Global Sourcing[J]. Journal of Political Economy 112:552-580.

[27]Baldwin R. 1993. Baldwin R E. A domino theory of regionalism[R]. NBER Working Paper, NO. 4465.

[28]Dai, F., J. Yang, H. Guo, and H. Sun. 2021. Tracing CO₂ emissions in China-US trade: A global value chain perspective[J]. Science of The Total Environment 775:145701.

[29]Dana, J. D. and E. Orlov. 2014. Internet Penetration and Capacity Utilization in the US Airline Industry[J]. American Economic Journal: Microeconomics 6(4):106-137.

[30]Das, G. G. and S. Andriamananjara. 2006. Hub-and-Spokes Free Trade Agreements in the Presence of Technology Spillovers: An Application to The Western Hemisphere[J]. Review of World Economics 142(1):33-66.

[31]Guellec, D., C. Paunov. 2018. Innovation Policies in the Digital Age[R]. OECD Science, Technology and Industry Policy Papers, NO. 59.

[32]Henry, G., 2018. Regulation of Digital Trade in US Free

Trade Agreements: From Trade Regulation to Digital Regulation [J]. *Legal Issues of Economic Integration* 45(1):47-70.

[33] Huang, L. Y., and X. L. Zhao. 2018. Impact of Financial Development on Trade-Embodied Carbon Dioxide Emissions: Evidence from 30 province in China [J]. *Journal of Cleaner Production* 198:721-736.

[34] Huang, Y. M., and Y. N. Zhang. 2023. Digitalization, positioning in global value chain and carbon emissions embodied in exports: Evidence from global manufacturing production-based emissions [J]. *Ecological Economics* 205:107674.

[35] Huang, Y. M., Y. N. Zhang, Y. H. Xiang, and X. Dong. 2022. Has servitization reduced the embodied carbon emissions of manufacturing export trade? Evidence from 38 countries [J]. *Environmental Technology and Innovation* 28:102950.

[36] Kander, A., M. Jiborn, D. Moran and T. Wiedmann. 2015. National greenhouse gas accounting for effective climate policy on international trade [J]. *Nature Climate Change* 5(5):431-435.

[37] Koopman, R., W. Powers, Z. Wang and S. J. Wei. 2010. Give Credit to Where Credit is Due: Tracing Value Added in Global Production [R]. NBER Working Paper, NO. 16426.

[38] Laget, E., A. snago, N. Rocha, M. Ruta. 2020. Deep Trade Agreements and Global Value Chains [J]. *Review of Industrial Organization* 57(2):379-410.

[39] Madsen, J. B. 2007. Technology Spillover Through Trade and TFP Convergence: 135 Years of Evidence for the OECD Countries [J]. *Journal of International Economics* 72(2):464-480.

[40] Meng, B., G. P. Peters, Z. Wang, and M. Li. 2018. Tracing CO₂ Emissions in Global Value Chains [J]. *Energy Economics* 73:24-42.

[41] Mattoo, A., A. Mulabdic, and M. Ruta. 2017. Trade Creation and Trade Diversion in Deep Agreements [R]. Policy Research Working Paper, NO. 8206.

[42] Vogel, D. 1995. *Trading UP: Consumer and Environmental Regulation in a Global Economy* [M]. Cambridge, MA: Harvard Univeristy Press.

Has the Deepening of Digital Trade Rules Brought Environmental Benefits: An Analysis Based on the Perspective of Embodied Carbon Emissions in Trade

Li Dan Meng Hengyu

Abstract: Based on MRIO and environment account data of 42 major economies in the world from 2000 to 2014, this paper empirically investigates the impact of the deepening of digital trade rules on the intensity of embodied carbon emissions in export. The research shows that: (1) the deepening of digital trade rules can significantly reduce the intensity of embodied carbon emissions in export of the contracting party, and this conclusion passes a series of robustness tests; (2) mechanism analysis indicates that the deepening of digital trade rules exerts inhibition effect on the intensity of embodied carbon emissions in export mainly through strengthening bilateral value chain correlation, enhancing service factor inputs substitution of manufacturing industry and promoting technology spillover of digital intermediate goods imports; (3) heterogeneity analysis reveals that data flow clauses have the strongest effect on the intensity of embodied carbon emissions in export, followed by trade environment clauses and privacy protection clauses; the overall improvement of digital trade clauses exerts more significant carbon emission reduction effect on pollution-intensive industries and non-technology-intensive industries. Based on the research findings, this paper provides policy recommendations for advancing the signing of high-standard digital trade rules, improving the quality of opening up and promoting the construction of digital economy.

Key words: regional trade agreements; digital trade rules; the depth of the clauses; the intensity of embodied carbon emissions in export; MRIO model