

# 数字贸易规则加速生产环节优化

孙 波

浙江理工大学经济管理学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年12月23日; 录用日期: 2026年1月8日; 发布日期: 2026年2月25日

## 摘 要

中国近年来积极参与全球价值链, 依靠人口红利和生产要素低成本等优势, 贸易规模迅速扩张, 但同时面临全球价值链分工地位偏低的窘境。在如今全球经济发展乏力的背景下, 处于全球价值链分工地位较高的经济体对全球价值链分工地位较低的经济体的挤压导致这些经济体生产工序升级缓慢, 推动制造业向全球价值链高端生产工序攀升成为以中国为代表的发展中国家的共同目标。各国对数字贸易的签订也越来越重视, 越来越多有关电子商务、知识产权以及数据流动的相关条款被写入新的贸易协定。因此, 探寻数字贸易规则对生产环节优化是否影响且通过何种机制影响生产环节优化, 同时探寻该影响在生产环节优化水平层面以及数字贸易规则细分层面是否呈现异质性将为我国突破全球价值链“低端锁定”的困境, 向全球价值链高端生产工序攀升提供重要的参考价值。本文参考已有的研究理论以及核算方法, 厘清了数字贸易规则深度对生产环节优化的推动机制, 得出相应的结论和建议。

## 关键词

数字贸易协定, 条款计数法, 生产工序, 投入产出

# Digital Trade Rules Accelerate the Optimization of Production Processes

Bo Sun

School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou Zhejiang

Received: December 23, 2025; accepted: January 8, 2026; published: February 25, 2026

## Abstract

In recent years, China has actively participated in the global value chain, relying on advantages such as its demographic dividend and low-cost production factors. While its trade volume has expanded rapidly, it still faces the dilemma of occupying a relatively low position in the global value chain. Against the backdrop of sluggish global economic growth, the pressure exerted by economies with

文章引用: 孙波. 数字贸易规则加速生产环节优化[J]. 电子商务评论, 2026, 15(2): 680-693.

DOI: 10.12677/ecl.2026.152206

higher positions in the global value chain on those with lower positions has led to slow upgrading of production processes. Promoting the ascent of manufacturing to high-end production processes in the global value chain has become a common goal for developing countries represented by China. Countries are increasingly paying attention to the signing of digital trade agreements, with more and more provisions related to e-commerce, intellectual property, and data flows being included in new trade agreements. Therefore, exploring whether digital trade rules affect the optimization of production processes and through what mechanisms they exert this effect, as well as examining whether this impact varies at different levels of production process optimization and across different aspects of digital trade rules, will provide important reference value for China to break through the “low-end lock-in” dilemma in the global value chain and ascend to high-end production processes. This paper draws on existing theoretical research and accounting methods to clarify the mechanisms through which the depth of digital trade rules promotes the optimization of production processes and offers corresponding conclusions and recommendations.

## Keywords

Digital Trade Agreements, Clause Counting, Production Processes, Inputs and Outputs

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在全球经济增长放缓和国际竞争加剧的背景下，中国依托人口红利和低成本要素参与全球价值链虽实现了贸易规模的快速扩张，但也面临分工地位偏低、“低端锁定”等突出问题。高端经济体在技术和关键中间品上的挤压，进一步制约了中国制造业生产工序升级。在此背景下，数字贸易及其规则重构成为推动全球分工模式变革的重要力量。本文从理论与现实两个层面，系统梳理数字贸易规则广度与深度的测度方法，并结合全球价值链生产工序上游度理论，分析数字贸易规则深化对生产环节优化的影响机制。研究认为，数字贸易规则通过降低贸易成本、促进技术创新和提升数字化投入，推动制造业向全球价值链中高端生产工序攀升。本文不仅丰富了数字贸易规则与全球价值链研究，也为中国制定有利于生产环节优化和分工地位提升的数字贸易规则提供了重要的理论依据和政策启示。

## 2. 数字贸易规则深度与生产环节优化理论分析

### 2.1. 生产工序优化相关理论

全球价值链分工体系的形成推动了相关研究的不断深化，学界围绕全球价值链分工地位的测度方法和影响因素展开了大量探讨。早期研究多采用净贸易指数、显性比较优势指数等指标，但由于出口中进口中间品的重复计算问题，难以准确反映一国真实的分工收益。随着研究的深入，学界逐步形成了两条主要研究路径：一是基于增加值的间接测度，二是基于生产工序的直接测度。

在增加值视角下，Hummels [1]等提出的垂直专业化指数、Koopman [2]等构建的出口分解模型以及Wang [3]等对其拓展的多层级分解框架，极大推动了全球价值链分工地位研究的发展，并依托TiVA、WIOD、GTAP等数据库形成了较为成熟的分析体系。但该类方法仍主要从贸易增加值角度间接反映分工地位，未能直接刻画生产阶段特征。

在此基础上，Antràs等[4]提出的生产工序上游度指标，将全球价值链研究拓展至生产阶段层面，为

识别行业和国家在全球价值链中的嵌入位置提供了新工具。随后相关研究不断完善上游度与下游度测算,并分析了生产工序变迁的影响因素。为弥补生产工序指标难以判断“优化”方向的不足,陈晓华等进一步构建了生产工序偏优指数,使全球价值链研究从增加值视角延伸至生产工序优化层面,为分析制造业分工地位提升提供了更加精细和直观的测度工具。

## 2.2. 数字贸易规则相关研究

学术界关于全球价值链分工地位的研究,已从发掘问题的角度和因素量化的角度形成了较为成熟的理论框架。现有文献集中探讨了两大方面:一是数字贸易规定的内容和影响,二是数字贸易规则的经济效应。

在数字贸易规定的内容研究方面,学者们从不同的经济体出发,分析了数字贸易规定的诉求差异,尤其是发展中国家与发达国家之间的规则需求差异。区域数字贸易规则大致可分为“美式模板”、“欧式模板”和“亚太模板”,每种模板在数据流动、隐私保护、跨境贸易便利化等方面有不同侧重点。例如,“美式模板”强调数字产业利益和技术优势的保护,“欧式模板”则更注重个人信息保护,而“亚太模板”在促进跨境贸易便利化方面展现出更多的灵活性和包容性,适应了多样化的发展中经济体的需求。

从因素量化的角度出发,现有文献以数字贸易规定的测度和经济效应为主,其中测度数字贸易规定是研究数字贸易规定经济效益的前提,学者们从广度、深度等方面对区域数字贸易规则进行测量,广度指的是数字贸易规则的总深度,而深度指的是数字贸易规则的具体条款深度。在测度广度时,主要使用数字贸易条款数[5](韩剑等,2019)和数字贸易规则单词数[6](孙玉红等,2022)测量区域数字贸易规则。韩剑等[5](2019)将数字贸易条款与TPP中相关数字贸易条款的文本相似度作为测度深度的变量。Elsig and Klotz [7](2021)仅考察电子商务章节的条款总数和字数,事实上,由于考虑到单词的词频高与覆盖领域广并没有必然联系(侯俊军和王胤丹,2022)[8],学术界更接受用条款数量作为广度的代理指标。但是为了区分承诺的不同约束力,仅仅测度是否具备实质性承诺并不足够,且韩剑等[5](2019)的文本相似度变量更侧重于衡量签署的数字贸易规则与“美式模板”的相似程度,而不能衡量条款的法律约束程度。在深度方面,为弥补上述不足,周念利和陈寰琦[9](2020)借鉴Hofmann *et al.* [10](2017)测度WTO规则深度的思路,进一步区分条款法律可执行性的完全性,将其分为完全法律可执行性和部分法律可执行性,根据数字规则的不同约束力度,从高到低进行赋值。侯俊军和王胤丹[8](2023)将条款是否适用争端解决机制纳入深度的考察范围,弥补了部分具有法律约束程度的条款不适用争端解决机制这一点。

总体而言,数字贸易规则对全球价值链的影响具有重要作用,尤其是在制造业价值链攀升、数据流动便利化以及数字知识产权保护等方面。未来,随着数字贸易规则的深化,各国需要根据自身经济发展阶段和产业特点,制定合适的数字贸易规则,以促进全球价值链地位的提升并实现高质量的贸易增长。

## 2.3. 数字贸易规则深度对生产环节优化影响研究

初始学者们多从区域贸易规则角度和全球价值链角度出发,有学者研究发现一个国家或地区的价值链贸易受到区域贸易协定深度的影响,且为正向促进作用(李艳秀和毛艳华,2018)[11],许亚云等[12](2020)则通过中国已经签订的区域贸易协定的文本深度,构建区域贸易协定深度,分析后发现区域贸易协定深度对伙伴国贸易有着明显的促进作用,且随着深度的增加,这种促进作用越强。上述学者从区域贸易协定深度角度出发,而有学者从区域数字贸易规则的角度出发,构建数字贸易规则深度指标,将贸易便利化和争端解决等细分条款纳入分析,发现数字贸易规则深度的增加可以促进双边增加值贸易,其通过降低贸易成本、提高贸易主体信心和推进其他规则的完善等渠道实现(李艳秀,2021)[13],且由于数字

贸易规则数字贸易规则深化在降低贸易成本和提高生产效率这两方面的影响最为明显，，所以其对浅度价值链关联的影响更加显著(肖皓和刘菲菲, 2022)[14], 有学者通过量化数字规则条款深度, 对数字条款深度进行横向测度后研究分析发现数字贸易规则条款深度一体化对中国全球价值链分工地位攀升有明显的促进作用, 并且能够强化中国全球价值链的前向参与度, 弱化其后向参与度(范兆娟和艾玮炜, 2022)[15], 当数字贸易规则越深如, 也就是广度越广、深度越深, 其对全球价值链位置攀升的促进作用越大, 主要通过跨境数据流动成本降低、推动企业数字化转型、提升企业管理水平三条渠道实现(侯俊军等, 2023)[8]。

通过文献梳理, 本文认为技术创新[16](黄先海等, 2017)、贸易成本[17]-[19](齐俊妍、任奕达, 2021; 李晓静等, 2023; 刘斌等, 2020)、资源配置[20][21](刘慧等, 2020; 邵朝对等, 2023; 刘斌等, 2020)、数字化投入[22](杨梅等, 2024)和对外开放[23](洪俊杰等, 2019)等因素是促进全球价值链分工地位攀升的重要因素。

## 2.4. 文献评述

综上所述, 目前学术界从不同角度对数字贸易协定和全球价值链分工地位两方面都有所研究, 但仍有以下不足: 首先, 虽然部分关于全球价值链生产工序的研究已经关注到了发达国家与发展中国家制造业全球价值链生产工序的差别, 但已有文献对于全球价值链生产工序上游度波动的影响因素的考察较多, 对于生产工序波动的考察无法做到同分工地位一样深入, 其次, 虽然已有关于数字贸易规则促进全球价值链分工地位攀升的相关研究, 但鲜有文献研究数字贸易规则对全球价值链生产工序的影响, 影响全球价值链分工地位的影响因素较多, 更有同水平生产工序情况下分工地位攀升的情况无法被解释, 对生产工序的升级和关键技术的突破难以有较为清晰地识别, 最后, 由于全球价值链生产工序优化的测度工具的提出较晚, 在此之前学界难以判断全球价值链生产工序波动与分工地位的关系, 无法通过生产工序波动准确判断分工地位属于攀升还是下降, 这导致生产工序优化领域的实证研究较为匮乏。

有鉴于此, 本文将参考陈晓华等[24](2024)构建的制造业全球价值链生产工序偏优指数识别工具, 细致研究数字贸易规则对发展中国家生产工序优化的影响, 并试图研究讨论其影响机制。

## 3. 数字贸易规则深度与生产环节优化的测度与机制分析

### 3.1. 数字贸易规则深度与生产环节测度

#### 3.1.1. 数字贸易规则深度测度

本文借鉴彭羽等[25](2021)的研究, 使用 TAPED 数据库的数据构建相关指标, 该数据库是由瑞士卢塞恩大学 Mira Burri 研究团队发布的, 其中关于数字贸易协定的数据收集很详细。本文研究选取 2000~2020 年各经济体所签订并已生效的 112 个涉及数字贸易规则的区域贸易协定进行研究, 本文对数字贸易规则深度的计算主要使用以下指标: 数字贸易规则的总体深度(Depth)。

该指标的具体测算方法如下: 首先对贸易协定中的每一项具体的数字贸易条款按照法律约束力强弱由小到大进行赋值: 第一, 如果贸易协定中包含了某条款, 则计为“1 分”, 没有包含则计为“0 分”; 第二, 在确定协定中某个条款存在的前提下, 如果协定中对该条款包含约束性义务表述, 则计为“2 分”, 没有该种描述则计为“1 分”。最后, 利用该贸易协定中的数字贸易规则条款总分值与数字贸易条款数量的比值构建数字贸易规则深度总指数。具体的测算公式为:

$$\text{Depth} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{provision}_i}{n(\text{provision}_i)} \quad (1)$$

其中, Depth 为数字贸易规则深度总指数, provision 为具体条款所赋的分值,  $n$  (provision) 为数字贸易协定涵盖的具体条款数量, 在样本期间, 若样本国在本年度没有已生效的数字贸易协定, 则核心解释变量的赋值为 0, 若样本国在该年度有多个已生效的数字贸易协定, 则核心解释变量取其中数字贸易规则深度总指数更大的值。

### 3.1.2. 生产环节测度

本文借鉴陈晓华等[24] (2024)对全球价值链偏优指数的计算, 选取 OECD 世界投入产出表(1995~2020)的数据, 首先制造资源所嵌入生产工序与最终品的距离来判断该产业全球价值链工序上游度, 最后将该值与优势参照国进行对比, 取两者差值的平方来表示全球价值链生产工序偏优指数, 具体的指数测算过程如下:

首先, 在封闭经济体条件下, 产业的总产出( $Y$ )等于该产业最终消费品的价值( $F$ )、作为其他产业中间投入产品的价值( $Z$ )加上存货变动量( $I$ ), 方程如(2)所示:

$$Y_i = F_i + Z_i + I_i \quad (2)$$

其次, 假设  $j$  产业每增加一单位产出, 需要  $i$  产业中间品增加  $d_{ij}$  单位, 将式(2)转化为如下方程:

$$Y_i - I_i = F_i + Z_i = F_i + \sum_{j=1}^N d_{ij} (Y_j - I_j) \quad (3)$$

参考 Antràs 等[26] (2012)的研究,  $j$  产业中间品也会被其他产业使用, 对式(3)进行转化处理后, 对各生产工序加权加总处理测算本国产业与最终品的距离, 进而可以得到全球价值链生产工序上游度指数( $U$ ), 该值越大说明该产业越靠近生产工序上游, 该值越接近于 1 则说明该产业越靠近生产工序下游。Antràs 等[26] (2012)将转化处理后的方程总结为以下矩阵形式:

$$U_i = 1 + \sum_{j=1}^N \frac{d_{ij} (Y_j - I_j)}{Y_i - I_i} U_j \quad (4)$$

其中  $U_j$  的系数  $d_{ij} (Y_j - I_j) / (Y_i - I_i)$  为产业  $i$  产出中被产业  $j$  所购买的比重, 参考 Antràs 等[26] (2012)和陈晓华等[23] (2024)的处理, 将式(4)拓展为开放状态并对式子进行简化处理, 避免了产业层面  $X_{ij}$  即  $i$  产业出口额中被海外  $j$  产业购买的金额和  $M_{ij}$  即  $i$  产业的进口额中被  $j$  产业购买的金额这两个数据难以获得的难题, 令  $\delta_{ij} = X_{ij} / X_i = M_{ij} / M_i$ , 并将处理后的式子代入原有式子中, 最终得到变形后的式子:

$$U_i - \sum_{j=1}^N \frac{d_{ij} (Y_j - I_j)}{Y_i - I_i - X_i + M_i} U_j = 1 \quad (5)$$

其中,  $U_j$  的系数  $d_{ij} (Y_j - I_j) / (Y_i - I_i - X_i + M_i)$  的数据由投入产出表核算可得, 于是本文基于 OECD 世界投入产出表(1995~2020)计算可得 2000~2020 年所需各个国家产业生产工序上游度。本文参考陈晓华等[23] (2024)以美国为优势参照国, 来计算发展中国家制造业全球价值链生产工序偏优指数, 计算公式为:

$$PYZS_{im} = (U_{im} - U_{iu})^2 \times 100 \quad (6)$$

式(6)中  $PYZS_{im}$  为  $m$  国  $i$  产业全球价值链生产工序偏优指数, 偏优指数越大, 则说明该国该产业生产工序偏离前沿生产工序越远, 反之则越接近。  $U_{im}$  为上述计算所得  $m$  国  $i$  产业的全球价值链生产工序上游度,  $U_{iu}$  为上述计算所得优势参照国美国  $i$  产业的全球价值链生产工序上游度。

## 3.2. 机制分析

本文从理论层面系统分析数字贸易规则深度如何通过多重传导机制推动生产环节优化, 并最终促进制造业在全球价值链中的分工地位攀升。总体来看, 数字贸易规则并非直接作用于生产工序本身, 而是

通过影响企业成本结构、创新行为和投入结构，改变企业的生产决策和价值创造方式，从而实现生产环节的实质性优化。其内在机制主要体现在以下三个方面。

### 3.2.1. 贸易成本降低机制

数字贸易规则深度的提升通过系统性降低贸易成本，为企业生产环节优化提供了关键制度基础。

首先，在信息成本层面，数据跨境自由流动、电子传输免关税等规则显著降低了企业在国际市场中的信息搜寻、匹配和沟通成本，使企业能够更加高效地获取海外市场需求、价格信号和中间品供给信息，有效缓解信息不对称问题。信息成本的下降不仅扩大了企业可选择的中间品范围，也加剧了中间品市场竞争，从而推动价格下降和质量提升。其次，在交易和运输成本层面，数字贸易规则推动无纸化贸易、电子认证和电子签名等制度安排的落地，减少了传统贸易对时间和空间的依赖，降低了跨境交易的时间成本和制度摩擦成本，使中间品跨境流通更加便捷高效。再次，在制度成本层面，非歧视性条款、市场准入规则以及对数据保护主义的限制，降低了企业进入海外市场 and 参与全球价值链分工的制度性门槛，减少了合规支出和不确定性。贸易成本的全面下降，使企业边际生产成本显著降低，资源配置效率不断提高，企业更有条件将有限资源由低附加值、低效率的生产工序转向更具技术含量和价值创造能力的环节，从而推动生产工序持续优化并实现全球价值链分工地位的攀升。

### 3.2.2. 创新水平提升机制

数字贸易规则深度通过促进研发要素跨境流动和强化知识溢出效应，有效提升企业创新水平，并成为生产环节优化的重要驱动力。

一方面，电子传输免关税、放宽数据跨境流动限制等规则显著降低了技术、数据和研发要素流动的制度和交易成本，使企业能够更加便捷地获取海外先进技术、研发成果和创新信息。在跨境贸易和合作过程中，企业不仅实现商品和服务交换，同时伴随技术与知识的传递，异质性信息交流不断增强，促进技术吸收和能力积累。另一方面，数字贸易规则为企业创新活动提供了更加稳定、透明和可预期的制度环境，降低了创新不确定性和潜在风险，增强企业持续加大研发投入的动力。随着创新网络的逐步形成，企业在全局范围内配置创新资源的能力不断增强，创新活动由单点突破向协同创新转变。创新能力的提升使企业能够不断推出技术含量更高、差异化程度更强的产品和服务，推动生产工序由劳动密集型和低端制造环节向技术密集型和知识密集型环节转移，从根本上提升生产环节质量与附加值水平，实现全球价值链分工地位的跃升。

### 3.2.3. 数字化投入强化机制

数字贸易规则深度的提升通过强化企业数字化投入，推动生产方式、组织模式和产品结构的系统性升级，从而实现生产环节优化。

首先，在生产端，数字贸易规则通过降低数字核心要素进口成本、完善数字知识产权保护和优化数字监管环境，显著降低企业数字化投资的风险和不确定性，激励企业加快对智能设备、工业软件、数据平台等数字基础设施的投入。数字化投入的增加推动传统制造向智能制造转型，提高生产效率、产品一致性和质量稳定性，促进生产工序向高技术、高附加值方向升级。其次，在产业协同层面，数字贸易规则促进数字化网络平台和供应链管理系统的发展，加强企业与上下游之间的信息共享和协同生产能力，降低协调成本，提高产业链整体运行效率。再次，在消费端，数字化投入使企业能够借助大数据、人工智能等技术精准识别消费者需求，实现产品定制化和快速迭代，消费者反馈反向推动企业持续进行技术改进和产品升级。生产端与消费端数字化投入的协同作用，使企业逐步摆脱对低端工序的路径依赖，加快向全球价值链中高端环节跃升，最终实现生产工序的持续优化和分工地位的稳步提升。

## 4. 实证分析

### 4.1. 模型构建

为了检验数字贸易规则深度对生产环节优化的影响，构建的面板数据模型如下：

$$PYZS_{cit} = \beta_0 + \beta_1 Depth_{cit} + \beta_2 X_{cit} + u_t + u_{ct} + \varepsilon_{cit} \tag{7}$$

其中，下标  $c$ 、 $i$ 、 $t$  依次为国家、行业和年份。被解释变量  $PYZS_{cit}$  为国家  $c$  行业  $i$  在  $t$  年度的全球价值链偏优指数， $Depth_{cit}$  表示国家  $c$  行业  $i$  在  $t$  年度的数字贸易规则深度， $X_{cit}$  为控制变量，具体包括投入产出比(Ratio)、贸易开放程度(Open)、产业规模(Cygm)、外商直接投资强度(Fdi)、政府干预强度(Gov)以及人力资本水平(Hc)，为了控制不随时间、行业和国家变化的特征差异，尽可能缓解遗漏变量问题，在模型中引入了时间固定效应  $u_t$  以及国家 - 行业高维固定效应  $u_{ct}$ ； $\varepsilon_{cit}$  表示随机扰动项。

### 4.2. 数据来源与说明

本文使用的主要指标来源如下：

(1) 被解释变量——全球价值链偏优指数(Pyzs)。测算该指标的数据来源于 OECD 世界投入产出表(1995~2020)。

(2) 解释变量——数字贸易规则深度(Depth)。测算该指标的数据主要来源于区域贸易协定电子商务和数据条款数据库(TAPED)，该数据库包含 188 个区域贸易协定，本文选用 2000~2020 年各经济体所签订并已生效的 112 个涉及数字贸易规则的区域贸易协定进行研究。

(3) 控制变量——投入产出比(Ratio)数据来自 OECD 世界投入产出表(1995~2020)；贸易开放程度(Open)、外商直接投资强度(fdi)以及政府干预强度(Gov)数据都来自 WDI 数据库；产业规模(Cygm)数据来自 OECD 世界投入产出表(1995~2020)；人力资本水平(Hc)数据来自 penn 数据库。

### 4.3. 基准回归

表 1 第(1)列为未纳入控制变量的回归结果，核心解释变量数字贸易规则深度在 1%的水平上显著为负，第(2)~(7)列为逐步引入控制变量的回归结果，可以看出数字贸易规则深度仍在 1%的水平上显著为负，因此，可以说明数字贸易规则深度的加深显著降低了全球价值链偏优指数，即数字贸易规则深度显著提高生产环节优化程度。基于中国的视角，提升数字贸易规则深度，优化生产工序，从而提升中国在全球价值链的分工地位，突破“低端锁定”困境。

Table 1. Test of the impact of digital trade rules on the optimization of production processes

表 1. 数字贸易规则深度对生产工序优化的影响检验

变量	(1) Pyzs	(2) Pyzs	(3) Pyzs	(4) Pyzs	(5) Pyzs	(6) Pyzs	(7) Pyzs
Depth	-0.357*** (-4.313)	-0.390*** (-4.722)	-0.419*** (-5.034)	-0.309*** (-3.782)	-0.315*** (-3.861)	-0.233*** (-2.991)	-0.238*** (-2.842)
Ratio		0.041*** (10.363)	0.045*** (10.242)	0.057*** (11.661)	0.057*** (11.632)	0.061*** (12.035)	0.062*** (12.042)
Open			0.003*** (3.185)	0.008*** (7.651)	0.009*** (8.765)	0.009*** (8.832)	0.009*** (8.433)
Cygm				0.896*** (10.213)	0.884*** (10.092)	0.887*** (10.011)	0.916*** (9.784)

续表

Fdi					-0.029*** (-8.155)	-0.027*** (-7.716)	-0.026*** (-7.047)
Gov						-0.156*** (-7.218)	-0.187*** (-7.255)
Hc							0.243* (1.960)
常数项	1.171*** (33.455)	-1.521*** (-5.956)	-2.031*** (-7.427)	-9.099*** (-10.824)	-8.976*** (-10.725)	-7.138*** (-8.102)	-7.619*** (-6.612)
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是
国家 - 行业固定效应	是	是	是	是	是	是	是
样本量	10710	10668	10226	10221	10221	9966	9609
R-squared	0.485	0.490	0.492	0.504	0.505	0.514	0.514

注：① \*、\*\*和\*\*\*分别代表 10%、5%和 1%的显著性水平上显著；② 括号内数值为 t 统计量。

#### 4.4. 稳健性检验

##### 4.4.1. 内生性处理

本文的模型中可能存在由遗漏变量等因素引发的内生性问题。因此，需要选取合适的工具变量来解决此问题。

借鉴施炳展[27] (2021)的思想和方法，用  $i$  国第  $t$  年数字贸易规则深度减去所有国家所有年份数字贸易规则深度均值，对所得差值取三次方作为  $i$  国第  $t$  年数字贸易规则深度的工具变量，该方法可以利用误差的异方差而不是借助外部变量来构建有效的工具变量。具体计算公式如下：

$$IV\_3_{cit} = (\text{depth}_{cit} - \text{mean\_depth})^3 \quad (8)$$

其中  $IV\_3_{cit}$  借鉴施炳展[27] (2021)的思想和方法构建的工具变量， $\text{depth}_{cit}$  为国家  $c$  行业  $i$  在  $t$  年的数字贸易规则深度， $\text{mean\_depth}$  为所有国家所有年份数字贸易规则深度的均值。

为检验所构造的工具变量是否合理，本文进行了相关的统计检验，综合分析可得：表 2 中第(1)列是工具变量第一阶段的回归结果，结果表明工具变量与内生变量数字贸易规定深度之间存在显著相关性，第(2)列是工具变量第二阶段的回归结果，回归结果表示第二阶段回归中数字贸易规则深度的估计系数均显著为负。此外，将第二阶段的回归结果与前文 OLS 回归的结果相比较可以发现，核心解释变量数字贸易规则深度的估计系数为显著，且数字贸易规则的估计系数符号未发生改变，说明内生性问题的处理结果与基准回归的结果高度一致，进一步验证了基准回归结果的稳健性，证实数字贸易规则深度是生产环节优化的重要因素。

**Table 2.** Endogenous testing of the impact of digital trade rules on the optimization of production processes

**表 2.** 数字贸易规则深度对生产工序优化的内生性检验

变量	工具变量三	
	第一阶段	第二阶段
iv	2.722*** (16.142)	
Depth		-0.369*** (-3.494)

续表

Ratio	0.003*** (8.495)	0.063*** (12.052)
Open	0.002*** (19.482)	0.011*** (8.534)
Cygm	-0.025*** (-7.785)	0.909*** (9.632)
Fdi	0.002*** (3.155)	-0.028*** (-7.002)
Gov	-0.002*** (-3.931)	-0.185*** (-7.252)
Hc	-0.078*** (-8.262)	0.212* (1.651)
样本量	9609	9609
时间固定效应	是	是
国家 - 行业固定效应	是	是
Kleibergen-Paap rk LM 统计量		2201.475 [0.000]
Cragg-Donald Wald F 统计量		44791.127 {16.380}
第一阶段 F 统计量	27602.954	
R-squared		0.062

注：① \*、\*\*和\*\*\*分别代表 10%、5%和 1%的显著性水平上显著；② ()内是 t 或 z 统计量，[]内数值为 P 值，{}内是 Stock-Yogo 弱工具变量检验中 10%水平下的临界值。③ Kleibergen-Paap rk LM 统计量报告 LM 统计量及 P 值。④ Cragg-Donald Wald F 统计量以及第一阶段 F 统计量是弱工具变量检验的结果。

#### 4.4.2. 替换核心解释变量

本文采用替换数字贸易规则深度的核算方法，将数字贸易规则深度替换成基于三大数字贸易规则条款计算数字贸易规则深度算术平均值，估计结果如表 3 所示。

**Table 3.** Robustness test by replacing dependent and key independent variables  
**表 3.** 替换被解释变量和核心解释变量的稳健性检验

变量	(1) Pyzs	(2) Pyzs	(2) Pyzs_f
Depth			-2.236*** (-3.291)
Depth_m	-0.327*** (-3.401)	-0.169* (-1.772)	
Ratio		0.062*** (12.033)	0.224*** (5.293)
Open		0.009*** (8.282)	0.094*** (10.072)
Cygm		0.922*** (9.875)	5.266*** (8.602)

续表

Fdi		-0.027*** (-7.082)	-0.141*** (-3.762)
Gov		-0.187*** (-7.265)	-1.352*** (-6.092)
Hc		0.278** (2.315)	7.548*** (6.128)
常数项	1.141*** (35.602)	-7.761*** (-6.795)	-42.432*** (-5.665)
样本量	10710	9609	9609
时间固定效应	是	是	是
国家-行业固定效应	是	是	是
R-squared	0.485	0.514	0.683

注：① \*、\*\*和\*\*\*分别代表 10%、5%和 1%的显著性水平上显著；② 括号内数值为 t 统计量。

表 3 中第(1)~(2)列分别为基准回归不加入控制变量和加入控制变量后的回归结果，第(3)~(4)列分别为更换核心解释变量后，基准回归不加入控制变量和加入控制变量后的回归结果。结果均显示数字贸易规则深度的估计系数为负，与原核心解释变量基准回归结果基本一致，证实研究结论的稳健。

#### 4.4.3. 缩尾、截尾处理

为了减少异常值的敏感性，对核心解释变量数字贸易规则深度进行 1%分位双边缩尾和双边截尾处理，缩尾处理将数据中的极端值或异常值替换为接近数据中心的值，截尾处理将数据中的极端值或异常值直接删除，以提高模型的准确性，估计结果如表 4 所示。

Table 4. Robustness test of trimming and winsorizing

表 4. 缩尾、截尾的稳健性检验

变量	(1) Pyzs_w	(2) Pyzs_tr
Depth_w	-0.237*** (-4.735)	
Depth_tr		-0.215*** (-5.025)
Ratio	0.043*** (14.982)	0.032*** (13.612)
Open	0.008*** (11.445)	0.007*** (10.523)
Cygm	0.589*** (14.012)	0.406*** (12.782)
Fdi	-0.028*** (-10.622)	-0.024*** (-10.535)
Gov	-0.116*** (-12.382)	-0.083*** (-11.872)
Hc	0.103 (1.462)	-0.028 (-0.462)

续表

常数项	-4.858*** (-9.562)	-3.044*** (-7.972)
样本量	9609	9409
时间固定效应	是	是
国家 - 行业固定效应	是	是
R-squared	0.727	0.755

注：① \*、\*\*和\*\*\*分别代表 10%、5%和 1%的显著性水平上显著；② 括号内数值为 t 统计量。

表 4 中第(1)列为对核心解释变量数字贸易规则深度进行缩尾处理后的回归结果，第(2)列为对核心解释变量数字贸易规则深度进行截尾处理后的回归结果，结果均显示数字贸易规则深度系数为负，证实研究结论的稳健。

#### 4.5. 机制检验

前文详细分析了数字贸易规则深度对生产环节优化的影响，接下来为了更为深入地揭示数字贸易规则深度作用于生产环节优化的内在机制，本文结合前文第 4 章的理论分析，构建相应的中介效应模型来检验前文提出的作用渠道，并结合机制检验的回归结果进一步证实数字贸易规则深度通过贸易成本(Cost)、创新水平(Innova)以及投入数字化(Invest\_D)的渠道来影响生产环节优化。

首先，计算出中介变量贸易成本。本文运用 OECD 世界投入产出表(1995~2020)国家 - 行业层面的数据，并参考齐俊妍等[28] (2020)贸易成本的核算方法，计算了中间品贸易成本，公式设定如下：

$$Cost_{1_{cit}} = \sum_s \sum_j \left( \frac{M_{cc}^{ij} M_{ss}^{ij}}{M_{cs}^{ij} M_{cs}^{ij}} \right)^{\frac{1}{2(\sigma-1)}} \quad (9)$$

其中  $Cost_{1_{cit}}$  表示国家  $c$  行业  $i$  在  $t$  年度的中间品贸易成本， $M_{cs}^{ij}$  表示国家  $c$  行业  $i$  向国家  $s$  行业  $j$  投入的中间品价值， $M_{cs}^{ij}$  表示国家  $c$  行业  $i$  向国家  $s$  行业  $j$  投入的最终品价值， $\sigma$  表示贸易产品间的替代弹性，参考现有做法将替代弹性  $\sigma$  取值为 8。

其次，本文用研发投入占 GDP 比重取对数来衡量创新水平，公式如下：

$$Yftr_{ct} = \log(yftr_{ct}) \quad (10)$$

其中， $Yftr_{ct}$  表示研发投入占 GDP 比重的对数， $yftr_{ct}$  表示研发投入占 GDP 比重。

最后，基于投入产出表，并以国际标准行业分类 ISIC Rev4.0 为行业分类标准，筛选数字经济产业，并计算数字经济产业在制造业中的完全消耗系数，根据直接消耗系数计算完全消耗系数(TCC)：

$$TCC_{ij} = a_{ij} + \sum_{l=1}^n a_{il} a_{lj} + \sum_{s=1}^n \sum_{l=1}^n a_{is} a_{sl} a_{lj} + \dots \quad (11)$$

其中  $TCC_{ij}$  表示  $j$  行业对  $i$  行业的完全消耗系数， $a_{ij}$  表示  $j$  行业对  $i$  行业的直接消耗， $\sum_{l=1}^n a_{il} a_{lj}$  表示第一轮间接消耗， $\sum_{s=1}^n \sum_{l=1}^n a_{is} a_{sl} a_{lj}$  表示第二轮间接消耗，以此类推后面的为第  $n$  轮间接消耗。通过简化公式，可以得到完全消耗系数矩阵可用公式  $B = (E - A)^{-1} - E$  得到。

如表 5 所示，第(1)列数字贸易规则深度的估计系数在 1%的水平上显著为负，表明数字贸易规则深度的提高能够显著降低中间品贸易成本，第(2)列为加入中间品贸易成本(Cost\_1)的回归结果，数字贸易规则深度的估计系数在 1%的水平上显著为负，证明数字贸易规则深度通过中间品贸易降低效应来降低全球价值链生产工序偏优指数；第(3)列数字贸易规则深度的估计系数在 1%的水平上显著为正，表明数字贸易规

则深度的提高能够显著提高研发投入占GDP的比重,第(4)列为加入研发投入占GDP的比重的回归结果,数字贸易规则深度的估计系数在1%的水平上显著为负,证明数字贸易规则深度通过创新水平提高效率来降低全球价值链生产工序偏优指数;第(5)列数字贸易规则深度的估计系数在1%的水平上显著为正,表明数字贸易规则深度的提高能够显著加大数字化投入,提高数字经济产业的完全依赖度,第(6)列为加入数字经济产业的完全依赖度(Di\_1)的回归结果,数字贸易规则深度的估计系数在1%的水平上显著为负,证明数字贸易规则深度通过数字化投入提高效率来降低全球价值链生产工序偏优指数。

**Table 5.** Mechanism verification

**表 5.** 机制检验

变量	(1) Cost_1	(2) Pyzs	(3) Yftr	(4) Pyzs	(5) Di_1	(6) Pyzs
Depth	-0.109*** (-6.044)	-0.235*** (-2.794)	0.023*** (2.621)	-0.252*** (-2.982)	0.006** (2.570)	-0.209** (-2.472)
Cost_1		0.215*** (2.742)				
Yftr				-0.588*** (-3.712)		
Di_1						-4.772*** (-4.532)
Ratio	0.009*** (12.702)	0.064*** (11.934)	-0.001** (-2.101)	0.061*** (12.062)	0.001*** (12.452)	0.056*** (11.641)
Open	0.004*** (14.334)	0.014*** (7.923)	0.000*** (3.031)	0.010*** (8.622)	0.000*** (7.335)	0.008*** (8.602)
Cygm	0.225*** (16.223)	0.940*** (9.485)	0.030*** (7.742)	0.933*** (9.834)	0.005*** (3.072)	0.888*** (10.435)
Fdi	-0.001 (-0.902)	-0.055*** (-6.845)	-0.002*** (-6.812)	-0.027*** (-7.414)	0.000 (1.631)	-0.027*** (-7.235)
Gov	-0.005*** (-3.082)	-0.180*** (-6.414)	-0.009*** (-9.135)	-0.192*** (-7.402)	0.000* (1.961)	-0.189*** (-7.332)
Hc	0.567*** (11.952)	-0.261 (-1.360)	0.101*** (9.822)	0.302** (2.441)	0.003 (0.872)	0.227* (1.951)
常数项	-1.005*** (-4.697)	-7.868*** (-5.934)	0.039 (0.782)	-7.596*** (-6.601)	0.084*** (3.219)	-7.216*** (-6.975)
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
国家-行业固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	8899	8899	9609	9609	9609	9609
Sobel	Z = 2.456	P = 0.0140	Z = 2.566	P = 0.0102	Z = -3.224	P = 0.0012
R-squared	0.926	0.503	0.855	0.515	0.907	0.517

注: ① \*、\*\*和\*\*\*分别代表 10%、5%和 1%的显著性水平上显著; ② 括号内数值为 t 统计量。

因此,通过 sobel 中介效应检验验证中介效应的存在,中间品贸易成本、创新水平和数字化投入水平作为工具变量的回归均通过了 sobel 检验。最终回归结果表明:数字贸易规则深度通过有效降低中间品贸

易成本、提高创新水平和提高数字化投入水平从而降低全球价值链生产工序偏优指数，加速生产工序水平提升。

## 5. 结论与建议

### 5.1. 研究结论

本文参考相关文献，基于 OECD 世界投入产出表(1995~2020)的数据，核算 2000 年至 2020 年 30 个发展中国家的全球价值链生产工序偏优指数，并基于 TAPED 数据库测算数字贸易规则深度，从而评估数字贸易规则深度对发展中国家生产环节优化的影响程度，并通过构建相关计量模型研究其影响，结合理论分析和实证考察得出相关结论。

研究主要得到以下结论：第一，数字贸易规则深度的提升对生产环节优化有明显的促进作用，经过内生性处理以及替换被解释变量、替换核心解释变量和缩尾截尾处理等稳健性检验后，该结论仍然成立。第二，机制分析的结果表明数字贸易规则通过贸易成本、创新水平以及投入数字化的作用机制加速生产环节优化。

### 5.2. 政策建议

根据所得的研究结论，本文特提出以下三个方面的政策建议：

首先，重视数字贸易协定的签订及条款深度。数字贸易协定是推动跨境数据流通和数字服务贸易的关键。国家应在签订协定时，注重条款的深度，不仅关注其覆盖范围，还要确保关键规则有利于本国利益。通过加强谈判能力，优化协定条款，并积极参与多边与区域性数字贸易协定，可为国内产业参与全球数字经济奠定基础，为产业向全球价值链分工地位中高端攀升提供动力。

其次，提升技术创新和推动产业数字化转型。数字经济的发展依赖于技术创新和产业转型，国家应增加对关键技术的研发投入，并鼓励各行业推动数字化进程。特别是在生产环节，政府应结合本国实际，制定符合国情的数字化策略，提升生产效率与产业竞争力，从而更好地适应数字贸易规则的加深。

最后，改善政策和市场环境，保障数字贸易规则的有效传导。为了确保数字贸易规则在国内的顺利落地，国家应加速完善数字经济相关法规，促进法律体系与国际规则的接轨。同时，通过政策协调和市场支持，优化网络基础设施与企业数字化能力，为数字贸易规则的实施提供有力保障，使得数字贸易规则深度的加深对生产环节优化的作用能够充分发挥。

## 参考文献

- [1] Hummels, D., Ishii, J. and Yi, K. (2001) The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade. *Journal of International Economics*, 54, 75-96. [https://doi.org/10.1016/s0022-1996\(00\)00093-3](https://doi.org/10.1016/s0022-1996(00)00093-3)
- [2] Koopman, R., Powers, W., Wang, Z. and Wei, S.J. (2010) Give Credit Where Credit is Due: Tracing Pyzs Added in Global Production Chains. NBER Working Paper, No. 16426.
- [3] Wang, Z., Wei, S.J. and Zhu, K.F. (2013) Quantifying International Production Sharing at the Bilateral and Sector Level. NBER Working Paper, No. 19677.
- [4] Antràs, P. and Chor, D. (2018) On the Measurement of Upstreamness and Downstreamness in Global Pyzs Chains. NBER Working Paper, No. 24185.
- [5] 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.
- [6] 孙玉红, 于美月, 尚玉. 区域贸易协定数字贸易规则对服务贸易出口的影响——来自 APEC 成员的证据[J]. 南开经济研究, 2022(3): 142-160.
- [7] Elsig, M. and Klotz, S. (2021) Data Flow-Related Provisions in Preferential Trade Agreements: Trends and Patterns of Diffusion. Cambridge University Press.

- [8] 侯俊军, 王胤丹, 王振国. 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, 2023(4): 60-78.
- [9] 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.
- [10] Hofmann, C., Osnago, A. and Ruta, M. (2017) Horizontal Depth: A New Database on the Content of Preferential Trade Agreements. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-7981>
- [11] 李艳秀, 毛艳华. 区域贸易协定深度与价值链贸易关系研究[J]. 世界经济研究, 2018(12): 25-36, 132.
- [12] 许亚云, 岳文, 韩剑. 高水平区域贸易协定对价值链贸易的影响——基于规则文本深度的研究[J]. 国际贸易问题, 2020(12): 81-99.
- [13] 李艳秀. FTA 中数字贸易规则的价值链贸易效应研究[J]. 国际经贸探索, 2021, 37(9): 99-112.
- [14] 肖皓, 刘菲菲. 区域数字贸易规则对双边价值链关联的影响——基于亚太地区的跨国实证研究[J]. 山西大学学报(哲学社会科学版), 2022, 45(2): 131-142.
- [15] 范兆娟, 艾玮炜. 数字贸易规则对中国嵌入全球价值链的影响[J]. 财贸研究, 2022, 33(2): 31-41.
- [16] 黄先海, 宋学印. 准前沿经济体的技术进步路径及动力转换[J]. 中国社会科学, 2017(6): 60-79, 206-207.
- [17] 齐俊妍, 任奕达. 数字经济渗透对全球价值链分工地位的影响——基于行业异质性的跨国经验研究[J]. 国际贸易问题, 2021(9): 105-121.
- [18] 李晓静, 蒋灵多, 罗长远. 数字技术与全球价值链嵌入位置——基于制造业企业的实证研究[J]. 学术研究, 2023(5): 108-116.
- [19] 刘斌, 潘彤. 人工智能对制造业价值链分工的影响效应研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(10): 24-44.
- [20] 刘慧, 彭榴静, 陈晓华. 生产性服务资源环节偏好与制造业出口品国内增加值率[J]. 数量经济技术经济研究, 2020(3): 86-104.
- [21] 邵朝对, 苏丹妮. 中国价值链分工的福利效应与空间解构[J]. 世界经济, 2023(1): 32-62.
- [22] 杨梅, 刘俊. 共建“一带一路”大格局: 新疆进出口贸易提升路径研究[J]. 广西经济, 2024, 42(2): 75-87.
- [23] 洪俊杰, 商辉. 中国开放型经济的“共轭环流论”[J]. 中国社会科学, 2019(1): 42-64, 205.
- [24] 陈晓华, 杜文, 刘慧. 服务化与制造业全球价值链生产工序优化[J]. 国际贸易问题, 2024(3): 69-85.
- [25] 彭羽, 杨碧舟, 沈玉良. 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, 2021(4): 110-126.
- [26] Antràs, P., Chor, D., Fally, T. and Hillberry, R. (2012) Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows. *American Economic Review*, **102**, 412-416. <https://doi.org/10.1257/aer.102.3.412>
- [27] 施炳展, 游安南. 数字化政府与国际贸易[J]. 财贸经济, 2021, 42(7): 145-160.
- [28] 齐俊妍, 任同莲. 生产性服务业开放、行业异质性与制造业服务化[J]. 经济与管理研究, 2020, 41(3): 72-86.