

数字贸易对制造业出口技术复杂度的影响

叶霖莉 薛襄稷

(集美大学诚毅学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 在数字贸易发展带来全球竞争格局重构的背景下, 阐释了数字贸易影响制造业出口技术复杂度的机理, 并结合我国 2008~2022 年省级面板数据探究了数字贸易发展对制造业出口技术复杂度的提升效应。结果表明: 数字贸易对制造业出口技术复杂度有显著的提升作用, 技术创新、要素配置效率、人力资本在此过程中发挥了显著的中介作用; 数字贸易对制造业出口技术复杂度的提升作用存在非线性特征, 随着数字贸易、技术创新水平、人力资本水平的提升呈现“边际递增”效应; 数字贸易对制造业出口技术复杂度的作用存在空间溢出效应, 其引致的空间溢出效应有利于邻近地区提高制造业出口技术复杂度。分区域来看, 东部地区数字贸易的作用最强, 且存在显著的空间溢出效应, 西部地区数字贸易的作用不显著。

关键词: 数字贸易; 出口技术复杂度; 门槛效应; 空间溢出效应

中图分类号: F741.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-1894 (2025) 03-0088-15

发展中国家加快工业化与发达国家的“再工业化”以及国内劳动成本的上升, 使我国制造业发展面临严峻挑战。在这种背景下, 优化出口产品质量, 提升制造业出口技术复杂度是实现制造业价值链攀升的重要一环。随着信息通信技术和数字基础设施的完善, 我国数字贸易发展迅猛。据 UNCTAD 的数据, 2019~2023 年间我国可数字化交付服务贸易出口额年平均增长率为 9.16%; 2024 年我国可数字化交付服务贸易规模达到 2.72 万亿元, 同比增长 8.5%。数字贸易依托数字技术, 所呈现的平台化、普惠化、智能化等特征推动国际贸易的深刻变革, 为我国制造业攻克技术短板、迈向高端化带来机遇。找到适合我国国情和国际形势的数字贸易发展之路, 提升制造业出口技术复杂度, 是实现我国制造业国际分工地位攀升的重要途径, 两者的内在联系有待深入研究。

一、文献回顾

(一) 数字贸易

现有数字贸易文献主要从狭义和广义两个层面区分。狭义上, 数字贸易是依托

作者简介: 叶霖莉, 集美大学诚毅学院经济系教授, 研究方向: 数字贸易、数量经济与技术经济; 薛襄稷, 集美大学诚毅学院经济系副教授, 研究方向: 区域经济、宏观经济数量分析。

基金项目: 福建省社会科学规划项目“数字贸易助推福建省制造业价值链攀升研究”(项目编号: FJ2022B091); 福建教育科学“十四五”规划 2022 年度课题“数字贸易背景下国际经济与贸易专业人才培养模式探究”(项目编号: FJJKBK22-180); 福建省高校杰出青年科研人才培育计划基金项目“自贸区经济效应的地区性差异研究——基于三大自贸区的实证对比分析”(项目编号: 闽教科[2018]47 号)。

信息网络平台,以数字化方式进行产品贸易与服务贸易,包含了数字化服务的部分(USITC,2013;^①李忠民等,2014;周念利等,2017);广义上,数字贸易是基于数字产品、数字服务以及数字技术平台形成的新贸易形式(USITC,2014;^②马述忠,2018;盛斌和高疆,2020)。现有研究主要采用广义定义,涵盖了贸易数字化和数字化贸易的范畴。

由于对数字贸易范围的界定缺乏广泛共识,衡量数字贸易发展水平的研究还处于探索阶段。OECD-WTO-IMF组织(2020)提出的测度法,^③对数字贸易发展水平进行了评估,范围涵盖了数字订购贸易、数字交付贸易与数字中介平台。国内学者刘红等(2024)、吴雪虹和梁碧波(2024)通过构建数字贸易综合评价指标体系,运用主成分分析法对各省份数字贸易发展水平进行测算。祝合良等(2022)、张凯等(2023)、王世进等(2024)运用熵值法对各省份数字贸易评价指标体系进行测算。刘媛媛和陶长琪(2021)根据RAGA算法的投影寻踪模型,测度了各省份的数字贸易发展水平。

(二)制造业出口技术复杂度影响因素

李丹和董琴(2022)、章秀琴等(2024)从技术创新,白阳等(2022)从人力资本,杨佳妮和孙瑶(2022)、魏巍等(2024)从FDI分析了它们对制造业出口技术复杂度的促进作用。学者们还研究了生产性服务业发展(王晗,2023)、中间品贸易自由化(陈晓华等,2021)、市场化水平(虞雪卿,2023)、创新基础设施建设(夏泽华等,2024)等因素的影响。随着数字经济的快速发展,数字经济与制造业出口技术复杂度之间的关联引起学者的关注。顾月秀和杨丹萍(2023)、邓小华和费丹(2024)的研究均表明:数字经济的发展对我国制造业出口技术复杂度的提升有显著促进作用,提升了制造业的生产效率和产品附加值。

(三)数字贸易与出口技术复杂度

随着数字贸易的发展,学者们研究了其对出口技术复杂度的影响。一部分文献分析数字贸易限制对出口技术复杂度的影响。齐俊妍和强华俊(2022)、张希颖和王艺环(2023)发现,数据跨境流动受限不利于出口技术复杂度的提升,这种抑制作用在金融、研究、开发等服务部门更加明显。孙安琪(2022)、范振雄(2023)发现数字贸易壁垒显著抑制了行业出口技术复杂度。另一部分文献从数字贸易自由

① United States International Trade Commission.Digital Trade in the U.S. and Global Economies,Part 1[J].USITC Publication,2013,(1).

② United States International Trade Commission.Digital Trade in the U.S. and Global Economies,Part 2[EB/OL].2014,USITC.
https://www.usitc.gov/publications/332/pub4485.pdf.[2014-05-30](2023-06-10).

③ Organization for Economic Cooperation and Development,World Trade Organization,International Monetary Fund. Handbook on Measuring Digital Trade,Version 1[EB/OL].2020,OECD.https://www.oecd.org/sdd/its/Handbook-on-Measuring-Digital-Trade-Version-1.[2020-03-30](2023-06-10).

化的角度，探究数字贸易发展对出口技术复杂度的影响及路径。张凯等（2023）、韩民春和张霄（2023）的研究表明，数字贸易的发展能显著提升我国出口技术复杂度，且该提升效应存在区域及行业异质性。巩晓（2024）、孟祥铭等（2024）发现，在数字贸易提升出口技术复杂度的过程中，人力资本及科技创新发挥着显著的中介作用。

对已有文献进行梳理发现：多数学者认为数字贸易发展有助于出口技术复杂度提升，但对于制造业出口技术复杂度影响因素，从数字贸易角度研究的较少，从实证角度探究二者关系的研究更是匮乏。当前，数字贸易蓬勃发展，推动着制造业数字化转型，对我国提升制造业出口技术复杂度、实现制造业价值链攀升带来绝佳机会。本文着重探讨数字贸易对制造业出口技术复杂度的作用，边际贡献在于：多角度梳理了数字贸易影响制造业出口技术复杂度的作用机理，丰富了二者理论机制的研究；构建了数字贸易评价指标体系，采用熵权法对其进行测算，在数字贸易指标体系上进行了有益探索；实证检验了数字贸易影响制造业出口技术复杂度的各类效应，并结合地区特征，对空间溢出效应进行区域异质性检验，为数字贸易背景下提高制造业出口技术复杂度提供经验依据。

二、作用机理及研究假设

（一）直接作用机制

数字贸易依托现代信息技术和数字平台，其平台化、数字化、智能化、普惠化特征，增加了制造业产品研发设计、生产制造、营销服务等环节的技术含量，全方位提升了制造业出口技术复杂度（图1）。

第一，在数字贸易下，消费需求日益个性化、多元化、定制化，制造企业需不断创新、研发差异化产品以满足消费者需求。加之数字贸易平台汇集了各类创新要素，协同创新有利于制造企业提高创新效率，促进制造技术革新。以用户为中心的差异化创新模式，加快贸易新产品研发速度，不断提升产品技术含量。第二，数字贸易的快速发展使得大数据、云计算、物联网、人工智能等应用于传统制造业，智能化生产取代流水线式的组装加工，生产环节实现智能化和数字化，产品技术复杂度得以提升。第三，数字贸易的智能化、平台化将营销、物流、售后服务等整合在互联网平台，制造企业可以在平台上完成产品的宣传、咨询、交易等活动，实现网上分销模式。智慧物流、远程诊断和维修、智能化反馈等贸易智能化应用场景极大提升贸易售后各环节的效率，增加营销服务环节的技术附加值，提高产品出口技术复杂度。

随着数字贸易的发展，技术进步使更多原本不可贸易的产品可贸易化，新需求不断涌现，制造企业更加注重以用户为中心的差异化创新，生产的产品更加定制化、智能化，营销及售后服务环节精准对接消费者差异化需求，“数字+服务+制造”融合的新产品、新模式涌现，产品技术含量不断提高，推动制造业出口技术复杂度

不断攀升。

H1：数字贸易的发展有助于制造业出口技术复杂度的提升。

（二）中介作用机制

提高技术创新水平。数字贸易本身就是一种创新，其发展可通过以下方式提高制造业技术创新水平。首先，数字贸易拓宽了贸易范围，贸易产品更加多样化，制造产品的可替代性变大，竞争加剧。制造企业为稳固自身竞争优势并获取更多的贸易收益，会持续进行技术创新活动，改善产品和服务质量，为制造业出口技术复杂度的提升注入新动力。其次，数字贸易平台使研发者和需求者之间的信息高效匹配，研发成果市场适用性高，创新的成本及风险降低，调动了企业创新的积极性。加之数字贸易平台汇聚了技术创新资源，创新效率提高，助力制造业出口技术复杂度的提升。此外，数字贸易本身就是数字技术全面应用的结果，随着数字技术加速渗入制造业，驱动制造业朝数字化智能化模式转型，提高其出口技术复杂度。

改善要素配置效率。数字贸易的网络性使贸易供需信息传递更加高效，制造企业能够精准洞察市场需求，实现按需生产，使得制造企业要素配置效率得以提升，助力高质量发展转型。数字贸易的普惠化特征使贸易门槛大幅度降低，大量中小微企业得以进入国际市场，促进了制造环节专业化分工，生产要素向生产效率更高的制造部门转移，提高要素配置效率，产品出口技术复杂度不断提升。此外，数字贸易的发展使众多产业数字化平台实现互联互通，为全球要素的流动、聚集、交换提供空间，改善制造要素配置，有效提升了制造业出口技术复杂度。

提升人力资本水平。数字贸易的发展有助于提升人力资本水平。首先，人力资本主要通过教育实现积累，数字贸易使线上教育得以普及，教育实现了真正的开放，企业员工的培训、教育更加便捷，加快人力资本的积累。其次，数字贸易的发展使贸易产品中所含的技术和知识含量变高，对进口品进行拆解、学习的门槛有所下降，“干中学”的人力资本水平不断提升，推动人力资本结构高级化。数字贸易的发展推动了制造业数字化的进程，对人才、技术提出更高要求，为适应新环境、新业态，劳动力要不断提升自身人力资本水平，从而加快制造产品的技术升级，生产技术含量更高的产品，提升产品出口技术复杂度。

H2：数字贸易影响制造业出口技术复杂度的过程中，技术创新水平、要素配置效率、人力资本水平有着显著的中介作用。3种中介机制作用过程见图1。

（三）非线性作用机制

数字贸易打破空间限制，让制造业各部门之间的联动更加频繁，分工更加明确，数字新技术的融入让传统制造业逐步转化为现代化制造业，进而提升制造产品技术含量。在数字贸易刚刚起步阶段，平台建设不足，对制造业出口技术复杂度的提升作用较小。当数字贸易发展到一定程度以后，数字贸易与制造业各环节的融合更加深入，

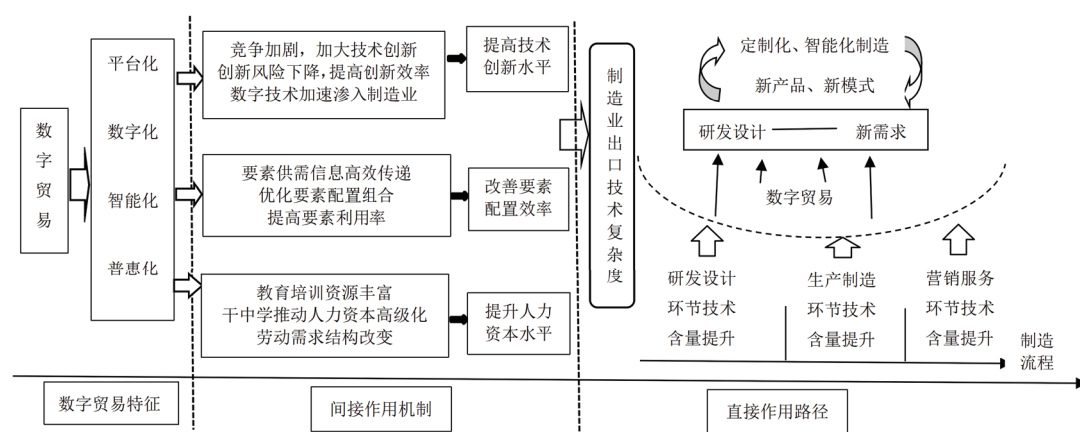


图1 数字贸易影响制造业出口技术复杂度的机理

有效柔性化制造业生产过程，创新能力及要素配置进一步提升，对制造业出口技术复杂度的作用随之增强。

与此同时，数字贸易的发展对技术创新和人力资本提出了更高要求。技术创新水平的提高能够加速数字贸易与制造业各领域的深度融合，为制造业数字化、智能化发展提供技术支撑和创新推动。高质量的人力资本可以有效吸收数字贸易发展带来的知识溢出和技术溢出，增强创新示范效应和竞争效应，数字贸易对制造业出口技术复杂度的提升效应充分发挥，作用愈发显著。可见，拥有较高技术创新水平与人力资本水平的地区，数字贸易作用于制造业出口技术复杂度提升的效应会更显著。

H3：数字贸易对制造业出口技术复杂度的提升效应呈现非线性变化特征，且存在技术创新水平和人力资本水平的门槛效应。

（四）空间溢出效应

数字贸易以互联网技术为依托，跨时空连接了制造业的各类主体，推动技术、信息、知识等要素在区域间快速流动，构建融合、联动、互通的数字制造业生态。一方面，区域制造主体之间的沟通与学习更加便捷，某地区的创新知识与技术能通过网络快速被其他地区获取，从而有力地促进了地区之间的技术共享与溢出。另一方面，数字贸易平台集聚了各类资源，数字贸易发展水平高的地区能够跨区域进行资源整合，在更大时空范围内进行生产运营决策，产生的技术外溢、产业扩张效应推动邻近地区制造业出口技术复杂度同步提升。邻近地区可通过技术学习、开展产业联合研发、人才交流等多元途径，借鉴周边地区制造业发展数字贸易的成功模式，引进制造业数字化的前沿技术，提升本地区制造业的出口技术复杂度。

H4：数字贸易对邻近地区制造业出口技术复杂度的提升具有显著的空间溢出效应。

三、模型构建与变量说明

(一) 模型构建

依据假设 H1, 构建如下面板数据模型:

$$EXPY_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 digtrade_{it} + \sum_{k=1}^5 \beta_k X_k + \partial_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$EXPY_{it}$ 为制造业出口技术复杂度, $digtrade_{it}$ 为数字贸易, X_k 为控制变量, ∂_i 、 δ_t 分别为地区、时间固定效应, α_0 为常数项, ε_{it} 为随机误差项。

为检验 H2, 构建如下中介效应模型:

$$M_{it} = b_0 + b_1 digtrade_{it} + \sum_{k=1}^5 \beta_k X_k + \partial_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$EXPY_{it} = c_0 + c_1 digtrade_{it} + c_2 M_{it} + \sum_{k=1}^5 \beta_k X_k + \partial_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

M_{it} 为中介变量, 其余变量与式 (1) 一致。

接下来检验 H3 的非线性影响, 采用如下面板门槛模型:

$$EXPY_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 digtrade_{it} I(T_{it} \leq r_1) + \lambda_2 digtrade_{it} I(r_1 < T_{it} \leq r_2) + \lambda_3 digtrade_{it} I(T_{it} > r_2) + \sum_{k=1}^5 \beta_k X_k + \partial_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

T_{it} 为门槛变量, 含数字贸易、技术创新水平、人力资本水平 3 个变量, r_1 、 r_2 为不同的门槛值, $I(\cdot)$ 是显示性函数, $(\cdot)$ 内要求满足时取值 1, 不满足则取值 0。

检验 H4 构建如下空间计量模型:

$$EXPY_{it} = \alpha_0 + \rho WEXPY_{it} + \alpha_1 digtrade_{it} + \theta_1 Wdigtrade_{it} + \sum_{k=1}^5 \beta_k X_k + \sum_{k=1}^5 \phi_k WX_k + \partial_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

ρ 为空间自回归系数, W 为空间权重矩阵。

(二) 变量说明

1. 被解释变量: 制造业出口技术复杂度 ($EXPY_{it}$)

各省份制造业出口技术复杂度的测度采用 Hausmann 等 (2007) 提出的计算方式, 具体公式如下:

$$Sop_{mt} = \sum_i \frac{x_{mit}/X_{it}}{\sum_i x_{mit}/X_{it}} Y_{it} \quad (6)$$

$$EXPY_{it} = \sum \frac{x_{mit}}{X_{it}} Sop_{mt} \quad (7)$$

Sop_{mt} 代表第 t 年制造行业 m 的出口技术复杂度水平, x_{mit} 是 i 省份在第 t 年制造行业 m 的出口额, X_{it} 为 i 省第 t 年制造业的出口总额, Y_{it} 为 i 省份在第 t 年的人均 GDP。 $EXPY_{it}$ 为 i 省份第 t 年的制造业出口技术复杂度, 该值越大, 该地区制造业出口技术复杂度水平越高。制造行业采用 HS6 分位标准分类, 除去 19 类、20 类和

22 类，最终纳入产业出口复杂度计算的共 19 类，按《中国国民经济行业分类》将其归类到相应的制造行业，货币单位换算采用当年平均汇率。为避免数据量纲相差过大导致异方差和回归偏误等问题，对出口技术复杂度数据进行对数化处理。

2. 核心解释变量：数字贸易发展水平 (*digtrade*)

为了全面衡量数字贸易发展水平，借鉴祝合良（2022）、张凯等（2023）、叶霖莉（2022）测度数字贸易的做法，采用由 6 个一级指标、18 个二级指标组成的省级层面数字贸易发展综合评价指标体系（表 1）。运用熵值法计算各省份数字贸易的综合评价水平。

3. 中介变量

（1）技术创新水平（*Inno*）：选取研发经费投入、研发人员投入、专利授权数、高新技术企业产值和技术市场成交额，通过熵值法获得综合指数来衡量各地区的技术创新水平。（2）要素配置效率（*AER*）：采用叶霖莉（2022）的方法，以要素市场总扭曲指数的倒数作为衡量指标。该指标为正向指标，数值越高则要素配置效率越高。（3）人力资本水平（*Hum*）：以地区每 10 万人中大学生数量取对数进行衡量。

4. 控制变量

（1）外商直接投资（*FDI*）：用实际使用外资额占地区 GDP 比重衡量；（2）贸易开放度（*tradeopen*）：以地区进出口总额占地区生产总值比值描绘；（3）产业规模（*scale*）：用制造业产值在地区生产总值中的占比反映；（4）基础物流设施（*infra*）：用地区每平方公里境内公路及铁路总里程表征；（5）金融发展水平（*finance*）：用金融机构年末存贷款余额占地区 GDP 比重反映。

（三）数据来源

中国海关统计数据库、CEPII 数据库、国研网数据库、《中国工业统计年鉴》和《中国区域创新能力报告》及各地区历年统计公报是数据主要来源。囿于数据的可得性及科学性，本文选取 2008~2022 年 30 个省级（西藏除外）面板数据进行研究，个别缺失值采用插值法获得相应数据。

表 1 数字贸易指标体系

数字贸易	一级指标	二级指标
	数字基础设施	互联网宽带接入端口数（万个）
		域名数量（万个）
		网站拥有数（万个）
		长途光缆线路长度（公里）
	数字技术水平	信息传输、软件和信息技术服务业就业人数（万人）
		信息服务业研发经费（万元）
		信息服务业专利数量（项）
	产业数字贸易水平	有电子商务交易活动的企业数（个）
		电子商务销售额（亿元）
		电子商务采购额（亿元）
		网络零售额（亿元）
	数字产业贸易水平	信息服务业主营业务收入（亿元）
		电信业务总量（亿元）
		软件业务收入（万元）
	数字贸易结构	软件业务进出口额比重
		电子信息产业进出口额比重
	贸易潜力	进出口贸易额（亿元）
		消费品零售总额（亿元）

四、实证结果及分析

（一）基准回归分析

基准模型回归结果见表2，列（1）、列（2）均控制了地区、时间固定效应。列（1）未加入控制变量，数字贸易对制造业出口技术复杂度的回归系数通过1%的显著性检验；列（2）加入控制变量，此时数字贸易对制造业出口技术复杂度的回归系数降到0.9774，但仍通过5%水平下的显著性检验，可见数字贸易的发展确实能提升我国制造业的出口技术复杂度，假设H1得以证实。

为保证基准回归的稳健性，本文从以下方面进行检验。

第一，考虑动态效应。制造业出口技术复杂度前期发展可能会影响下一期的水平，将模型（1）扩展为动态面板模型：

$$EXPY_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 EXPY_{it-1} + \alpha_2 digtrade_{it} + \sum_{k=1}^5 \beta_k X_k + \hat{\varphi}_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

对模型（8）利用两阶段系统GMM法进行回归，结果如表2列（3）所示，AR(2)及Sargan检验结果显示模型未呈现二阶自相关现象，也不存在工具变量过度识别问题，所得估计结果有效可靠。数字贸易的回归系数仍显著为正，基准回归结果稳健。

第二，考虑内生效应。数字贸易发展与制造业出口技术复杂度提升可能互为因果，模型存在潜在的内生问题。故采取2SLS进行内生性检验，将滞后一期的数字贸易作为工具变量，结果见表2列（4）。KP rk LM的统计值为27.55，通过1%的显著性检验，表明模型不存在不可识别问题；KP rk Wald F的统计值为42.63，通过1%的显著性检验，进一步排除了弱工具变量问题，工具变量合理有效，2SLS回归结果稳健有效。缓解内生问题后，数字贸易的影响仍显著为正，基准回归结果稳健。

第三，改变核心解释变量。对数字贸易指标体系采用主成分分析法重新测度，新指标估计结果如表2列（5）所示，可以看出在1%置信水平上，数字贸易回归系数数值为正，证实基准回归结果稳健。

第四，改变被解释变量。考虑到人均GDP受时间变化的影响，会影响出口技术复杂度的波动幅度，进而影响被解释变量的测度。对此，借鉴赵富森（2020）的测算方法，对出口技术复杂度采用标准化方式进行重新测算并取对数处理，以保证被解释变量的跨期稳定性。标准化计算公式为： $EXPY-S_{it}=100 \times [(EXPY_{it}-EXPY_{\min})/(EXPY_{\max}-EXPY_{\min})]$ 。转换后估计结果如表2列（6）所示，可以看出更换被解释变量后，数字贸易的影响依然显著为正，再次证实基准回归结果稳健。

（二）作用机制检验

接下来进一步研究技术创新水平、要素配置效率、人力资本水平的中介效应。为缓解中介效应模型可能存在的内生性问题，一方面本文进行地区、时间双固定回归，

以缓解数字贸易发展带来的系统性变化；另一方面采用解释变量的滞后一期为工具变量，用 2SLS 法进行估计，结果见表 3。

表 2 基准回归及稳健性检验

变量	基准回归		稳健性检验			
	(1)	(2)	系统 GMM (3)	2SLS (4)	改变解释变量 (5)	改变被解释变量 (6)
$EXPY_{it-1}$			0.6476*** (5.38)			
$digtrade$	1.3361*** (7.79)	0.9774** (2.16)	0.9115** (2.16)	1.1173*** (4.51)	0.9201*** (6.48)	0.8029** (2.21)
FDI		0.3952** (2.23)	0.3129** (2.13)	0.3071* (1.87)	0.4221** (2.30)	0.3781** (2.17)
$tradeopen$		0.1735*** (3.51)	0.1587* (1.80)	0.1601*** (4.55)	0.1218** (2.24)	0.2654** (1.96)
$scale$		0.4059** (2.22)	0.3936* (1.79)	0.3151** (2.20)	0.3396* (1.89)	0.5342** (2.14)
$infra$		0.0916* (1.87)	0.0805 (1.37)	0.1044** (2.42)	0.1071** (2.03)	0.0623* (1.82)
$finance$		0.1311* (1.80)	0.1242** (2.34)	0.0976** (2.30)	0.1165* (1.84)	0.0941* (1.79)
截距项		-0.2052** (-2.14)	-2.0085 (-1.61)	-1.0815** (-2.22)	-1.8378*** (-4.84)	0.0275** (2.11)
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
AR(1) (p 值)			0.0328			
AR(2) (p 值)			0.5115			
Sargan (p 值)			0.7889			
Kleibergen-Paap rk LM				27.55***		
Kleibergen-Paap rk Wald F				42.63***		

注：*、**和***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平，括号内为 t 值；若无说明，下表同。

表 3 中介效应检验结果

变量	技术创新水平		要素配置效率		人力资本水平	
	$Inno$ (1)	$EXPY$ (2)	AER (3)	$EXPY$ (4)	Hum (5)	$EXPY$ (6)
$digtrade$	0.2976*** (6.36)	0.6851** (2.17)	0.1793** (2.07)	0.8131** (2.31)	0.1993** (2.37)	0.7446** (2.30)
$Inno$		1.2026*** (3.35)				
AER				0.8262* (1.77)		
Hum						1.1358*** (3.77)
Sobel 检验	Z=6.1262 P=0.0000		Z=2.1547 P=0.0328		Z=4.6769 P=0.0000	
Bootstrap 检验	Z=5.5079 P=0.0000		Z=3.8499 P=0.0000		Z=3.8961 P=0.0000	
中介效应	显著		显著		显著	
中介效应大小	34.31%		15.41%		23.32%	
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制

首先，列（1）和列（2）为技术创新水平（*Inno*）的中介作用。列（1）显示数字贸易对技术创新水平的回归系数 b_1 值为 0.2976，通过 1% 水平下的显著性检验，数字贸易发展对制造企业的技术创新产生了积极的推动作用；列（2）的技术创新水平回归系数 c_2 为 1.2026，通过 1% 水平的显著性检验。 b_1 、 c_2 均显著证实存在技术创新水平的中介效应。Sobel 检验及 Bootstrap 检验同时通过 1% 水平下的显著性检验，进一步验证了技术创新中介效应的稳健性。

其次，列（3）和列（4）为要素配置效率（*ARE*）的中介作用。列（3）显示数字贸易对要素配置效率的回归系数 b_1 在 5% 水平上为正，数字贸易的发展显著改善了制造业要素配置效率；列（4）的要素配置效率对制造业出口技术复杂度的作用 c_2 显著为正。系数 b_1 、 c_2 均显著。Sobel 检验和 Bootstrap 检验均通过 5% 的显著性检验，可见确实存在要素配置效率的中介效应。

最后，列（5）和列（6）检验人力资本水平（*Hum*）的中介作用。列（5）显示数字贸易对提升人力资本水平有显著的正向作用， b_1 为 0.1993，通过 5% 的显著性检验；列（6）显示人力资本水平对制造业出口技术复杂度的影响为 1.1358，通过 1% 的显著性检验。 b_1 、 c_2 均显著，表明存在人力资本水平的中介效应。Sobel、Bootstrap 检验均通过 1% 的显著性检验，证实了人力资本水平中介效应的稳健性。

综合来看，数字贸易通过提高技术创新水平、改善要素配置效率、提升人力资本水平提升了制造业出口技术复杂度，假设 H2 得以证实。对 3 种作用机制的中介效应进行比较，发现不同作用机制的中介效应存在明显的异质性。技术创新水平的中介效应最大，占比为 34.31%；人力资本水平中介效应居中，占比为 23.32%；要素配置效率的中介效应最小，为 15.41%，提高技术创新水平是数字贸易影响制造业出口技术复杂度提升的重要途径。

（三）非线性作用机制检验

为验证假设 H3 的非线性特征，将数字贸易、技术创新水平、人力资本水平分别设定为门槛变量，门槛估计值和门槛效应自抽样（Bootstrap）检验结果如表 4 所示。

表 4 门槛效应检验结果

门槛变量	模型	F 统计量	P 值	门槛值	95% 置信区间
<i>digtrade</i>	单一门槛	31.74***	0.0000	0.3132	[0.2984 0.3301]
	双重门槛	14.23	0.3822		
	三重门槛	9.19	0.4061		
<i>Inno</i>	单一门槛	21.81***	0.0055	0.1331	[0.1152 0.1593]
	双重门槛	8.67	0.6349		
	三重门槛	13.33	0.4615		
<i>Hum</i>	单一门槛	23.97***	0.0000	2.1415	[1.9741 2.5822]
	双重门槛	4.93	0.5718		
	三重门槛	5.23	0.3866		

注：P 值和临界值均为 bootstrap 法模拟 500 次后得到的结果。

表 4 的 F 统计量及 P 值显示，数字贸易、技术创新水平和人力资本水平均通过了单一门槛检验。为此选用单门槛模型检验门槛效应，结果见表 5。

由表 5 可知，以数字贸易为门槛变量时，无论数字贸易低于还是高于门槛值，对制造业出口技术复杂度均有显著影响。当数字贸易发展水平跨

越门槛值后，回归系数值由 0.4274 升为 1.2446，数字贸易对制造业出口技术复杂度的促进作用大幅提高。随着数字贸易发展水平的提升，其促进效应呈几何式上升趋势。由此可见，数字贸易对制造业出口技术复杂度的提升具有“边际递增”的非线性特征。

门槛变量为技术创新水平时，随着技术创新水平的提高，数字贸易对我国制造业出口技术复杂度的作用逐渐增强。技术创新水平低于门槛值时，数字贸易的系数为 0.6978，通过 5% 的显著性检验；技术创新水平高于门槛值时，数字贸易的系数上升为 1.2329，在 1% 的显著水平下通过检验。由此可见，在数字贸易提升我国制造业出口技术复杂度的作用中，存在技术创新水平的门槛效应。

以人力资本水平为门槛变量时，当人力资本水平小于门槛值时，数字贸易的系数为 0.3840；当人力资本水平大于门槛值时，数字贸易的系数增加为 1.2706，数字贸易对制造业出口技术复杂度的促进作用存在人力资本水平的门槛效应。较低的人力资本水平难以为制造业数字化转型提供技术知识支撑，限制了数字贸易对制造业出口技术复杂度的提升作用。

可见，数字贸易对制造业出口技术复杂度的提升作用具有非线性特征，且存在技术创新水平和人力资本水平的门槛效应，假设 H3 得以证实。

（四）空间溢出效应

1. 空间自相关检验

首先利用 Moran’I 指数计算各年度地理距离矩阵、邻接关系矩阵、经济距离矩阵下数字贸易和制造业出口技术复杂度的空间效应，结果显示，2008~2022 年 3 种权重矩阵下数字贸易和制造业出口技术复杂度各年度的 Moran’I 指数均显著为正，表明两变量均存在显著的空间自相关性，可进行空间计量分析。

2. 空间杜宾模型分析

接着进行空间计量模型的选择，相关检验结果如下：LM-Error、R-LM-Error、LM-lag 和 R-LM-lag 都通过了 1% 水平的显著性检验，说明可用空间面板计量模型建模；似然比检验（LR）统计量、瓦尔德检验（Wald）统计量在 5% 的水平上显

表 5 门槛回归结果

变量	数字贸易	技术创新水平	人力资本水平
门槛类型	单一门槛	单一门槛	单一门槛
门槛值	0.3132	0.1331	2.1415
$digtrade \cdot I(q_{it} \leq r)$	0.4274* (1.82)	0.6978** (2.26)	0.3840 (1.48)
$digtrade \cdot I(q_{it} > r)$	1.2446*** (4.33)	1.2329*** (5.41)	1.2706*** (4.29)
控制变量	是	是	是
时间效应	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制

著，说明 SDM 模型优于 SAR 与 SEM 模型，空间杜宾模型不能被其他模型替代；Hausman 统计值为 73.47，在 1% 的水平上显著，固定效应回归更优。综合考量，固定效应的空间杜宾模型最合理，采用该模型进行分析。

（1）全样本空间回归分析

为确保空间回归结果的可靠性，表 6 给出地理距离、邻接关系和经济距离 3 种权重矩阵下的 SDM 模型回归结果。

表 6 空间溢出效应回归结果

变量	总体 SDM 模型			分区域 SDM 模型		
	地理距离	邻接关系	经济距离	东部	中部	西部
ρ	0.4039*** (4.63)	0.3375*** (5.79)	0.3008*** (3.89)	0.3795*** (5.12)	0.3413*** (3.02)	0.2961*** (4.84)
<i>digtrade</i>	0.8973** (2.21)	0.8673** (2.19)	0.8376** (2.33)	1.1157*** (4.37)	0.9644** (2.25)	0.2551 (1.52)
$W \times digtrade$	0.3061** (2.37)	0.3304*** (3.43)	0.3174** (2.10)	0.3528*** (3.16)	0.3018* (1.83)	0.0306 (1.14)
直接效应	0.9312*** (4.51)	0.9043*** (3.71)	0.8725*** (3.62)	1.1035*** (4.90)	0.8947** (2.18)	0.1713 (1.49)
间接效应	0.3694** (2.30)	0.3861** (2.06)	0.3757** (2.13)	0.4123** (2.20)	0.3633* (1.86)	0.0353 (0.76)
总效应	1.3006*** (3.43)	1.2904*** (3.11)	1.2479** (2.37)	1.5158*** (3.58)	1.2580** (2.16)	0.2066 (1.29)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制

表 6 显示，3 种权重下 SDM 模型的空间自回归系数 ρ 及数字贸易的空间交互系数都通过了 5% 水平下的显著性检验，样本地区间经济联系较为紧密，相互影响显著，进一步证实采用空间模型进行回归分析是合理的。分析直接效应和间接效应发现，数字贸易对本地区制造业出口技术复杂度提升有显著的正向推动作用，3 种权重下直接效应均通过 1% 的显著性检验；对邻近地区制造业出口技术复杂度也产生了显著的空间溢出效应，3 种权重下间接效应也都通过了 5% 的显著性检验。可见，数字贸易可以有效提升本地和邻近地区的制造业出口技术复杂度，假设 H4 得以验证。

（2）区域异质性

本文将各省份分成东部、中部和西部 3 个区域以考察数字贸易影响制造业出口技术复杂度的区域异质性，同时进行 3 种权重矩阵回归，结论并无显著差异，说明回归结果具有稳健性。由于篇幅有限，这边仅列出地理距离权重矩阵 SDM 模型回归结果，结果如表 6 分区域 SDM 模型所示。

各区域的空间效应结果显示，数字贸易的直接效应、间接效应、总效应呈现东部 > 中部 > 西部的趋势，说明数字贸易的效应存在明显的区域异质性。究其原因，东部地区数字基础设施和服务体系较完善，数字贸易的发展水平最高，数字技术在制

制造业各环节中的应用更加深入，更有利于制造业的智能化发展，对本区域和周边区域制造业出口技术复杂度的提升作用更强。中部地区数字贸易的直接效应、间接效应均显著为正，但作用效果比东部小。西部地区数字贸易的直接效应、间接效应为正，但不显著。可能反映了中西部地区数字信息设施建设不足，制造业开展数字贸易进度缓慢，限制了制造业出口技术复杂度的提升作用。

五、结论与政策建议

基于我国 2008~2022 年省级面板数据，实证检验了数字贸易对制造业出口技术复杂度的综合影响。研究发现：数字贸易发展能显著推动制造业出口技术复杂度的提升；在这一过程中，技术创新水平、要素配置效率、人力资本水平起到了显著的中介作用。同时，随着数字贸易、技术创新水平、人力资本水平的提升，数字贸易对制造业出口技术复杂度的促进作用呈现上升趋势，具有“边际递增”的非线性特征。此外，数字贸易对制造业出口技术复杂度的提升作用还具有空间溢出效应，其引致的空间溢出效应有利于邻近地区制造业出口技术复杂度的提升。分区域来看，东部地区数字贸易的作用最强，且存在显著的空间溢出效应，西部地区数字贸易的作用不显著。基于上述分析，建议如下。

其一，发展数字贸易，充分发挥数字贸易驱动制造业出口技术复杂度提升的积极作用。发展数字贸易，数字基础设施是“底座”。重点推进数字基础设施建设，加强跨境网络互联互通，为数字贸易发展夯实数字设施。此外，积极推进数字贸易平台建设。探索打造数字贸易“一站通”应用平台，打造数据资源交易、数字贸易应用场景展示、数字会展等数字贸易公共服务平台，为企业投身数字贸易提供专业化、数字化、场景化的全方位服务，推动制造业企业加速开展数字贸易，提升出口技术复杂度。

其二，推动数字贸易与制造业的深度整合，加速制造业数字化转型。支持并促进数字贸易与制造业研发、生产、销售和售后等环节之间的分工协作、融合，通过应用工业云计算和消费者大数据引导制造业生产和销售。数字贸易与制造业的深度融合，将加快制造业引入数字技术实现数字化转型，提升制造产品出口技术复杂度。此外，通过提供技术改造补助、贷款贴息、行业引导基金等多种方式，支持和鼓励数字信息技术在制造企业的应用，从而实现制造业数字化转型，提高产品技术含量。

其三，重视数字贸易作用的区域差异，建立跨区域联动机制。鉴于数字贸易对制造业出口技术复杂度的提升作用存在区域差异，一方面要因地制宜地推动地区数字贸易发展策略，东部地区可利用数字贸易平台集中研发资源，突破数字贸易发展的技术瓶颈，强化贸易数字化发展，提升数字贸易国际竞争力。中西部地区要逐步完善数字新基建，消除开展数字贸易的障碍；对开展数字贸易的制造企业给予税收、补贴等优惠政策，加大数字贸易与制造业的融合度，加速释放数字贸易带来的红利。

另一方面要建立数字贸易发展的跨区域联动机制,加快制造业各类要素在区域间的流通、共享,增强地区间的空间溢出效应,带动中西部制造业转型升级,实现地区间制造业出口技术复杂度协同攀升。

其四,优化数字贸易作用渠道,重视数字贸易助推制造业出口技术复杂度提升的多维路径。一是提高技术创新水平。加大对互联网、云计算、区块链等数字技术的研发,加强自主创新能力,为数字贸易提升制造业出口技术复杂度提供创新驱动动力。二是利用互联网优势扫除限制生产要素与研发要素自由流动的障碍,提高要素配置效率,通过优化要素配置效率提升制造业出口技术复杂度。三是通过内培外引加大数字贸易人才队伍建设。政府、企业、高校等数字贸易生态主体协同合作,打造完善的数字贸易人才培养体系。政府制定数字贸易人才贡献奖励政策,优化数字贸易人才环境;企业努力提供有竞争力的薪酬,完善晋升制度,以多元化的文化管理留住数字贸易人才;高校产教融合,大力培育既懂贸易实践又懂数字技术的复合型贸易人才。同时为引进人才提供项目平台、完善晋升制度,提供落户、医疗等生活保障,吸引高质量数字贸易人才进入。通过内培外引,系统性、高质量地培育数字贸易人才,为数字贸易助推制造业出口技术复杂度提升奠定人才基础。

参考文献:

- [1] 白阳等.城镇化、人力资本投资对中国制造业出口技术复杂度的影响——基于制造业省级面板数据的实证研究[J].中国商论,2022,(19).
- [2] 陈晓华等.中间品贸易自由化对制造业出口技术复杂度的影响研究[J].西安电子科技大学学报(社会科学版),2021,(2).
- [3] 邓小华,费丹.数字经济是否有利于提升制造业出口技术复杂度?[J].兰州财经大学学报,2024,(1).
- [4] 范振雄.数字贸易壁垒对制造业出口技术复杂度的影响研究[D].杭州:浙江财经大学,2023.
- [5] 巩晓.数字贸易对出口技术复杂度影响的实证分析[J].中国商论,2024,(3).
- [6] 顾月秀,杨丹萍.数字经济对地区制造业出口技术复杂度的影响研究[J].生产力研究,2023,(10).
- [7] 韩民春,张霄.数字贸易赋能制造业出口产品升级——基于技术复杂度视角的研究[J].工业技术经济,2023,(2).
- [8] 李丹,董琴.技术标准、创新驱动与中国制造业出口复杂度升级[J].经济经纬,2022,(4).
- [9] 李忠民等.数字贸易:发展态势、影响及对策[J].国际经济评论,2014,(6).
- [10] 刘红等.数字贸易的减污降碳效应分析[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2024,(2).
- [11] 刘媛媛,陶长琪.中国31省份数字贸易发展水平测算分析——基于RAGA投影寻踪模型[J].价格月刊,2021,(4).
- [12] 马述忠.世界与中国数字贸易发展蓝皮书[R].杭州:浙江大学,2018.
- [13] 孟祥铭等.数字贸易对中国制造业出口技术复杂度的影响研究[J].贵州商学院学报,2024,(2).
- [14] 齐俊妍,强华俊.跨境数据流动限制、数字服务投入与制造业出口技术复杂度[J].产业经济研究,2022,(1).
- [15] 盛斌,高疆.超越传统贸易:数字贸易的内涵、特征与影响[J].国外社会科学,2020,(4).
- [16] 孙安琪.数字贸易壁垒影响服务出口复杂度的实证分析——基于技术创新的门限效应[J].价格月刊,2022,(10).
- [17] 王晗.生产性服务业开放对出口技术复杂度的影响研究——基于中国制造业企业的经验证据[J].上海对

- 外经贸大学学报,2023,30(5).
- [18] 王世进等. 数字贸易发展对我国区域出口效率的影响[J]. 中国流通经济,2024,(8).
- [19] 魏巍等. 再论环渤海地区对外直接投资对制造业出口技术复杂度的影响[J]. 牡丹江师范学院学报(社会科学版),2024,(1).
- [20] 吴雪虹,梁碧波. 数字贸易对制造业全球价值链长度的影响效应[J]. 安徽商贸职业技术学院学报,2024,(2).
- [21] 夏泽华等. 创新基础设施建设提升制造业出口技术复杂度的机制与路径[J]. 价格月刊,2024,(12).
- [22] 杨佳妮,孙瑶. FDI 与中国制造业出口技术复杂度的门槛效应研究——基于知识产权保护视角[J]. 价格月刊,2022,(6).
- [23] 叶霖莉. 数字贸易对经济高质量发展的影响效应研究[J]. 集美大学学报(哲学社会科学版),2022,(5).
- [24] 虞雪卿. 区域市场化水平对制造业出口技术复杂度的影响——基于省级面板数据的实证研究[J]. 价值工程,2023,(8).
- [25] 张凯等. 数字贸易对出口技术复杂度的影响研究——基于金融发展有调节的中介效应模型检验[J]. 经济问题探索,2023,(2).
- [26] 张希颖,王艺环. 跨境数据流动限制、制度质量与数字服务出口技术复杂度[J]. 价格月刊,2023,(1).
- [27] 章秀琴等. 数字经济、科技创新与出口技术复杂度——基于长三角地区 41 个城市的实证[J]. 贵州商学院学报,2024,(4).
- [28] 赵富森. 劳动力成本上升是否影响了制造业的出口技术复杂度[J]. 国际经贸探索,2020,(8).
- [29] 周念利等. 全球数字贸易规制体系构建的中美博弈分析[J]. 亚太经济,2017,(4).
- [30] 祝合良等. 统一大市场建设背景下的数字贸易驱动消费升级研究[J]. 商业经济与管理,2022,(10).
- [31] Hausmann,R.,et al.What You Export Matters[J].Journal of Economic Growth,2007,12(1).

On the Impact of Digital Trade on the Export Technical Sophistication of Manufacturing Industry

YE Linli XUE Xiangji

Abstract: In the context of the reconstruction of the global competition pattern brought about by the digital trade, the paper expounds on the mechanism in which digital trade affects the export technical sophistication of manufacturing industry and explores the export technical sophistication of manufacturing industry improvement by digital trade based on China's provincial panel data from 2008 to 2022. The results show that: firstly, digital trade has a notable improvement effect on the export technical sophistication of manufacturing industry, in which technical innovation, collocation efficiency of factors, and human capital play an outstanding intermediary role. Secondly, the export technical sophistication of manufacturing industry improvement by digital trade features nonlinearity and an increasing marginal effect manifests with the enhancement of digital trade, technical innovation, and human capital. Thirdly, there is a spatial spillover effect of digital trade on the export technical sophistication of manufacturing industry, facilitating neighboring regions to improve the export technical sophistication of manufacturing industry. By region, digital trade has the strongest influence on the east with a significant spatial spillover effect, while the influence on the west is not significant.

Keywords: digital trade; export technical sophistication; threshold effect; spatial spillover effects

(责任编辑: 张建华)