

数字经济背景下技术外溢对制造业出口技术复杂的影响

——基于284个地级市的实证检验

温婉妍, 刘 芹, 张泰瑞

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2025年11月28日; 录用日期: 2025年12月11日; 发布日期: 2025年12月31日

摘 要

在全球价值链深度调整和数字经济快速发展的背景下, 提升制造业出口技术复杂度已成为我国迈向价值链中高端的重要任务。本文基于2011~2023年284个地级及以上城市的面板数据, 从专利被引次数构建城市层面的技术外溢指标, 系统考察技术外溢对制造业出口技术复杂度的影响, 并进一步检验数字经济的调节作用。研究发现: 技术外溢能够显著提升制造业出口技术复杂度, 该作用在缩尾处理以及工具变量检验后依然稳健; 数字经济能够强化技术外溢向出口技术复杂度的传导效率, 在信息流动、知识获取和技术学习等环节形成放大效应。本文的研究揭示了技术外溢促进制造业出口技术升级的内在机理, 为区域提升外溢吸收能力和优化数字经济发展提供有益参考。

关键词

技术外溢, 制造业出口技术复杂度, 数字经济

The Impact of Technological Spillover in the Context of Digital Economy on the Complexity of Exported Technologies in the Manufacturing Industry

—Empirical Evidence from 284 Prefecture-Level Cities in China

Wanyan Wen, Qin Liu, Tairui Zhang

School of Management, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: November 28, 2025; accepted: December 11, 2025; published: December 31, 2025

文章引用: 温婉妍, 刘芹, 张泰瑞. 数字经济背景下技术外溢对制造业出口技术复杂的影响[J]. 电子商务评论, 2025, 14(12): 5695-5705. DOI: 10.12677/ecl.2025.14124539

Abstract

In the context of profound adjustments in the global value chain and the rapid development of the digital economy, enhancing the technological sophistication of China's manufacturing exports has become a key task for moving toward higher segments of the value chain. Using panel data for 284 prefecture-level and above cities from 2011 to 2023, this study constructs a city-level technology spillover indicator based on patent citations, and systematically examines the effect of technology spillovers on the sophistication of manufacturing exports. It further investigates the moderating role of the digital economy. The empirical results show that technology spillovers significantly promote the upgrading of manufacturing export sophistication, and this effect remains robust after winsorization and instrumental variable estimation. Moreover, the digital economy strengthens the transmission efficiency of technology spillovers by amplifying information flow, knowledge acquisition, and technology learning. This study reveals the internal mechanism through which technology spillovers drive the technological upgrading of manufacturing exports and provides useful implications for enhancing regional absorptive capacity and optimizing digital economy development.

Keywords

Technology Spillovers, Manufacturing Export Sophistication, Digital Economy

Copyright © 2025 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

近年来,数字经济快速发展并深度融入生产、流通与贸易活动,成为推动我国外贸转型升级的重要力量。以数据要素为基础、以平台生态为载体、以线上化和智能化为特征的数字经济体系,正在改变传统贸易的组织方式。一方面,跨境电商、数字供应链等新型贸易模式降低了企业进入国际市场的成本,使制造业产品能够更高效地触达海外需求;另一方面,数字化基础设施的完善也提升了信息流动效率,加强了区域间的产业协同和资源共享。在这一背景下,制造业如何在数字经济推动的产业变革中保持竞争优势,并提升在全球价值链中的分工地位,成为值得关注的重要问题。

技术外溢是推动产业技术进步和提升竞争力的重要源泉,是企业或地区在技术研发、生产实践中形成的知识和经验,向其他主体扩散和共享的过程。与常规要素流动相比,技术外溢具有非竞争性和非排他性特征,它不仅可以通过跨国直接投资、对外贸易、全球价值链分工等传统渠道在企业间或产业链上下游扩散[1],还能够借助人才流动[2]、协同合作和模仿创新等方式在地区内部传播。在数字经济快速发展、线上化供需链条不断延伸的背景下,技术外溢的扩散方式呈现出新的特征。数字化供应链、跨境电商平台以及线上协作网络显著提升了信息与知识的传播效率,使企业更容易在产品设计、工艺改进、市场响应和线上营销等环节获取来自其他地区的经验与技术反馈,从而降低知识扩散的时空成本。电商平台形成的多边互动生态,使企业在与国际市场的连接过程中更频繁接触前沿技术信息和用户需求变化,加快了技术学习与迭代速度。对于正处于发展中阶段的经济体来说,在数字化贸易环境中承接来自发达地区和国内技术前沿的知识外溢,不仅有助于缩小技术差距,也为制造业提升工艺水平、优化产品结构和增强创新能力提供了重要资源。

当前,我国外贸发展方式正处于转型阶段,中共中央国务院印发的《对外贸易发展“十三五”规划》中明确指出将推动出口迈向中高端作为重要任务,推进外贸结构高质量发展,增强我国外贸在国际市场的竞争力,助力我国向全球价值链的中高端迈进。同时,数字经济的蓬勃发展和线上贸易渠道的迅速扩张,也正在重塑我国外贸结构。跨境电商、数字化供应链与平台型贸易体系提升了信息获取效率和市场匹配能力,使制造业在产品创新、技术升级和国际市场响应方面具备了更强的灵活性,加速了出口结构由中低端向中高端迈进的过程。制造业作为中国实体经济的根基,其出口技术复杂度体现了制造业出口产品的技术含量和创新水平,也反映出其在全球价值链分工中的地位,是衡量制造业国际竞争力的重要指标。它融合了产品附加值、研发投入强度、技术创新成果转化率等多重维度。出口技术复杂度数值越高,意味着出口产品技术含量和出口产品的层级越高,在国际分工中所具备的技术优势和竞争优势更显著。

现有研究表明,技术外溢能够对制造业出口技术复杂度产生多方面的正向促进作用。首先是技术创新的赋能效应,通过外商直接投资、对外直接投资(OFDI)以及中间品进口等渠道形成的外部技术知识溢出,可以显著提升东道国尤其是制造业部门的研发能力和工艺水平,为高技术含量产品的生产提供技术基础,从而推动出口技术复杂度提升[3];技术市场发展、中间品技术嵌入等形式的技术外溢,通过促进技术转移和扩散,引导研发投入、人力资本等创新要素向技术密集型制造业部门集聚,缓解要素错配,推动产业结构由低端加工向高技术[4]、高附加值环节演进,进而在结构层面提升出口技术复杂度。无论是通过 OFDI 获得的逆向技术外溢,还是依托技术市场与生产性服务贸易形成的技术外溢,都有助于优化制造业出口产品结构[5],提高中高技术产品在出口中的比重,从而显著提升制造业出口技术复杂度水平。尽管现有研究从对外直接投资(OFDI)、外商直接投资(FDI)以及中间品进口等渠道出发,揭示了技术外溢对我国产业升级和出口结构优化的重要影响,但关于“技术外溢如何作用于我国制造业出口技术复杂度”的关系仍存在深入探讨空间。首先,有较多文献以国家或省级总体数据为样本,将 OFDI 规模、FDI 强度或技术市场成交额等宏观变量作为技术外溢的代理,侧重考察开放程度或对外投资扩张对出口升级的影响,难以细致刻画不同城市之间在知识与技术层面真实存在的技术联系及其异质性效应。其次,相当一部分研究关注的是出口结构升级、出口质量或高技术产业产出等宏观结果,对更能直接反映价值链分工层级和技术含量的制造业出口技术复杂度涉及相对有限,尤其缺乏从城市制造业视角展开的系统分析。此外,关于我国不同地区间技术外溢差异如何通过城市间技术联系传导至制造业出口技术复杂度,现有研究在影响方向和作用强度上尚未形成一致共识。基于此,本文以 2011~2023 年我国 284 个地级及以上城市的面板数据为研究样本,关注数字经济发展背景下,基于专利数据构建城市层面的技术外溢指标,并测度各城市制造业出口技术复杂度,在双向固定效应框架下系统检验我国国内技术外溢对制造业出口技术复杂度的影响及区域差异。本文更强调通过专利视角刻画城市间知识扩散与技术联系网络,力图从我国自身技术外溢过程出发,揭示不同城市技术外溢水平对制造业出口技术复杂度演进的内在作用机制,为优化国内创新空间布局和提升我国制造业在全球价值链中的分工地位提供更具针对性的经验证据。

2. 理论分析与研究假设

技术外溢是技术创新活动和产业发展过程中,知识和技术通过合作、协同研发、供应链互动和人才流动等渠道,向其他企业和地区扩散和被吸收的过程。当前我国正从要素驱动向创新驱动转型,技术外溢在重塑区域创新格局和推动制造业技术升级中的作用日渐凸显。在数字经济加速信息流动、知识共享和资源联通的背景下,外溢知识的传播成本进一步降低,企业通过线上平台和数字化渠道获取外部知识的效率显著提升,使外溢效应的作用范围和传导速度进一步扩大。

技术外溢可以通过“知识获取-吸收学习-技术升级-产品升级”这一路径影响制造业出口技术复

杂度。外溢知识的扩散让企业更容易接触到来自行业前沿或区域外部的技术信息，例如专利被引用、跨区域科研合作、技术市场交易及供应链互动等，都在不断丰富企业可利用的知识来源。在此基础上，不同地区的企业会根据自身研发投入、人力资本与数字化应用程度，对外部知识进行吸收、消化和再创新，学习效应逐渐积累并内化为企业的技术能力。随着吸收外溢知识所带来的工艺改进、流程优化和生产效率提高，企业在关键技术、核心零部件以及产品设计等方面的能力逐步增强，推动制造业向更高技术含量与更高附加值的方向发展。在数字经济和电商体系快速发展的背景下，外溢知识的获得与转化更具及时性和互动性，线上平台、数据反馈和数字化工具进一步降低了知识获取成本，使得外溢技术更容易被企业整合进研发、生产和市场响应中。随着技术水平不断提高，企业更有能力生产结构更复杂、价值更高的产品，从而推动城市整体制造业出口技术复杂度的提升。

2.1. 技术外溢对制造业出口技术复杂度升级的影响路径

技术外溢通过技术升级和效率提升，为制造业高质量发展注入动力。技术外溢带来的技术和经验，可以让企业获取信息，将其转换为再创新的能力，进而推动要素投入向创新驱动的转变。在外溢过程中，专利被引用、跨区域合作和供应链互动等机制能够让企业接触来自行业前沿的工艺经验和技術信息。企业通过学习和获取这些外部知识，从而调整研发方向、技术路线和生产组织方式，使得外部技术转化为再创新的能力，推动企业要素投入由传统路径向创新驱动的转变。

在技术吸收的过程中，企业能够在原有工艺基础上进行改良，并在核心零部件、关键环节和材料应用等方面实现技术突破，从而促进产品向更高技术含量方向升级。随着数字化工具和线上平台的普及，企业获取外部技术信息的渠道更加丰富，外溢知识在生产流程、产品设计与工艺改进中的应用变得更加高效。数字化手段的应用也推动企业在工艺流程、生产组织和要素组合方面进行系统性优化，提高全要素生产率，降低单位成本，为出口产品的技术升级提供了更加坚实且更具灵活性的技术基础。

同时，技术外溢带来的知识积累还会通过强化学习机制在更大范围内产生影响。企业、高校与科研机构通过产学研合作、跨区域技术联盟和联合攻关等形式构建多层次知识网络，使技术标准、工艺平台以及关键零部件体系得到协同提升。知识溢出与学习效应的持续累积，让产业链由分散低效逐步向集约高效、高技术、高附加值方向演化。随着产业整体技术水平提高，企业具备生产更复杂、附加值更高产品的能力，出口产品结构因此向中高端转变，带动制造业出口技术复杂度的提升[6]。

依据上述分析，本文提出研究假设 1：

H1：技术外溢对制造业出口技术复杂度具有显著正向影响。

2.2. 数字经济在技术外溢影响制造业出口技术复杂度过程中的调节作用

数字经济的快速发展正在改变知识和技术的传播方式，使技术外溢的扩散和吸收机制呈现出新的特征。数字基础设施的完善、线上交易平台的普及以及数据驱动的反馈系统，使信息在企业与地区之间流动得更加迅速与充分。与传统依赖线下交流、研发合作和供应链互动的技术外溢路径相比，数字经济显著降低了知识传播的时间与空间成本，使企业能够更及时地获取来自外部的技术信息、工艺改进经验和市场需求变化，从而提升对外溢知识的识别、吸收和利用能力，增强技术外溢向出口技术复杂度的转化效率。在数字化发展水平较高的地区，外溢知识的增益更容易被企业捕捉并用于产品迭代和技术升级，从而进一步推动出口技术复杂度的提升。

数字经济的深化应用还为外溢知识的加工、整合与转化提供了新的条件。企业通过数字平台获取更丰富的市场反馈、用户需求和行业趋势，并利用数字工具开展工艺改良、协同研发和流程优化，使外溢知识能够更快融入生产实践，提高技术创新与产品升级的效率。数字经济不仅顺畅了技术外溢的传导过

程,也提高了技术外溢对出口结构升级的边际贡献。

根据以上分析,本文提出研究假设 2:

数字经济在技术外溢影响制造业出口技术复杂度的过程中具有正向调节效应。

3. 实证研究设计

3.1. 测度

3.1.1. 出口技术复杂度的测算

在 Hausmann 测算出口复杂度的基础上,借鉴了张艾莉等[7] (2019)的做法,采用省级层面人均生产总值的加权平均替代国家层面的人均生产总值的加权平均,对各省份制造业出口复杂度进行测算。测算过程如下:

首先,测算制造业各分行业的出口复杂度,该指标由相应行业下各省份的人均地区生产总值加权计算得出。

$$ps_{jt} = \frac{\sum_{r=1}^n x_{rjt}}{\sum_{r=1}^n x_{rjt}} Y_{rt} \quad (1)$$

i 表示省份, j 是各分行业, t 为时间, $i=1,2,\dots,30$; $j=1,2,\dots,16$ 。 ps_{jt} 表示 j 类制造业分行业在第 t 年的出口复杂度, x_{ijt} 是省份 j 类制造业分行业在第 t 年的出口额。 $x_{ijt} / \sum_{i=1}^n x_{ijt}$ 是 i 省份出口的 j 类制造业分行业第 t 年在我国制造业出口总额中占的比重, Y_{it} 是 i 省份第 t 年的人均地区生产总值。

其次,测算 i 省制造业的出口复杂度。

$$ES_{it} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ijt}}{\sum_{j=1}^m x_{ijt}} ps_{jt} \quad (2)$$

ES_{it} 为 i 省在第 t 年的制造业出口复杂度, $x_{ijt} / \sum_{j=1}^m x_{ijt}$ 是第 t 年 j 类制造业分行业出口占 i 省份制造业出口总额的比重。

本文借鉴钞小静[8] (2020)的研究方法,通过地级市第三产业增加值占 GDP 的比重,将省级出口复杂度加权分解至市级。

随后利用三产占比作为缩放因子,得到地级市制造业出口技术复杂度:

$$ES_{it} = ETC_{rt} * h_{it} \quad (3)$$

ES_{it} 是地级市 i 在年份 t 的制造业出口技术复杂度, ETC_{rt} 为该市所属省份在年份 t 的出口复杂度, h_{it} 为地级市三产占比。通过这种方式,本文在省级复杂度指标的基础上,进一步构建了 2013~2023 年的地级市制造业出口技术复杂度指标。

3.1.2. 技术外溢的测算

为保证样本口径与研究主题相匹配,数据筛选属于制造业范畴的国际专利分类号(IPC)。在此基础上,从中国国家知识产权局(CNIPA)专利数据库和 CSMAR 数据库中提取落入制造业范围的全部专利信息,据此构建较为完整的制造业专利样本。

在技术外溢指标的构造上,本文借鉴郑丽琳、刘东升[9] (2024)的做法,以专利被引用次数刻画知识溢出强度。被引用次数越高,通常意味着该专利所蕴含的知识在空间上的扩散程度更广、影响力更强,相应地总体知识溢出水平也越高。为减轻不同城市专利存量规模差异对指标的干扰,本文将专利数据汇

总至地级市层面进行统计处理，并对各市专利被引用次数进行对数转换，以获得更为平滑、可比性更强的技术外溢度量指标，具体形式如下：

$$\ln(\text{专利被引用次数}+1) \tag{4}$$

3.1.3. 数字经济的测算

本文参照赵涛[10] (2020)的做法，从互联网发展和数字金融两个方面构建城市数字经济指标。互联网发展水平由四项二级指标反映，包括：每百人互联网宽带接入用户数、信息传输与软件行业从业人员占比、人均电信业务总量以及百人移动电话用户数；数字金融水平采用北京大学数字金融研究中心编制的“中国数字普惠金融指数”。以上五个指标能够较全面地反映城市数字基础设施、信息产业发展和数字化应用情况。

由于各指标量纲不同，本文首先对五个指标进行标准化处理，随后采用主成分分析法(PCA)提取公共因子，构建城市数字经济综合指数。指数数值越大表示该城市数字经济发展水平越高。

3.1.4. 模型设定

为了通过实证方式进一步检验技术外溢对制造业出口技术复杂度的影响，本文在前文理论分析的基础上，结合现有相关研究的建模思路，构建城市层面的面板计量模型。考虑到不同城市存在不可观测的时间不变特征，以及全国层面宏观冲击和制度变迁等随时间变化但对各城市共同作用的因素，本文采用双向固定效应模型，同时控制城市固定效应和年份固定效应，以净化这些潜在干扰对估计结果的影响。在此框架下，技术外溢指标作为核心解释变量，制造业出口技术复杂度为被解释变量，并加入一系列控制变量，从而更为稳健地识别技术外溢对制造业出口技术复杂度的净效应，具体模型设定如下：

$$\ln ES_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LNCited_{it} + \alpha_2 Controls + \mu_t + \mu_i + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

$\ln ES_{it}$ 为 t 年 i 城市的制造业出口技术复杂度； X_{it} 为核心解释变量，分别为技术溢出和产业集聚，并依次代入模型进行回归； $Controls$ 为控制变量，具体包括人口规模、对外开放程度、政府干预程度、人力资本水平、产业结构高级化和城市经济密度； μ_t 为时间控制变量； μ_i 为个体控制效应； ε_{it} 为随机扰动项。

3.1.5. 数据来源及说明

考虑到数据的可得性、有效性、连续性，本文选择 2011~2023 年为样本区间，中国 284 个地级市及以上城市的面板数据，系统分析技术外溢对制造业出口技术复杂度的影响。原始数据主要来源于中国海关总署数据，相关年份《中国统计年鉴》，《中国城市统计年鉴》各省市统计年鉴、公报，中国国家知识产权局(CNIPA)、CSMAR 数据库。

3.2. 实证结果分析

3.2.1. 基准回归

表 1 展示了在控制个体效应与时间效应的双向固定效应模型下，技术外溢对出口技术复杂度的影响结果。

Table 1. Baseline regression results of technology spillovers
表 1. 技术外溢的基准回归

(1)	
$\ln ES$	
$LNCited$	0.005**

续表

	(2.03)
<i>POP</i>	0.027***
	(5.47)
<i>FDI</i>	3.784***
	(4.29)
<i>GOV</i>	0.063*
	(1.67)
<i>HC</i>	1.557***
	(12.02)
<i>IND_str</i>	0.241***
	(19.49)
<i>ECO_den</i>	0.011***
	(3.25)
<i>_cons</i>	9.835***
	(273.30)
个体效应	控制
时间效应	控制
<i>F</i>	461.534
<i>r2_a</i>	0.940
<i>N</i>	3692

本文的基准回归结果如表 1 所示。技术外溢系数为正且在 5%显著性水平下通过统计检验，表明技术外溢能够显著提升制造业出口技术复杂度，说明城市间的技术联系越紧密，企业越可能从外部获取关键知识、工艺经验和生产技术，并将其转化为自身的再创新能力。在外溢知识的作用下，企业不仅能够在既有生产流程中实现针对性的技术改良，还能够在核心零部件、关键环节等领域形成突破，从而推动产品向更高技术含量升级。这一作用机制与前文提出的“知识获取-吸收学习-技术升级-产品升级”的链式路径相吻合：外部知识进入企业后，经由吸收、消化与再创新，转化为产品结构优化与价值提升，最终体现在出口技术复杂度的提高。从而验证了前文提出的研究假设 H1。控制变量方面，人口规模(*POP*)、外商直接投资水平(*FDI*)、人力资本(*HC*)、产业结构(*IND_str*)和城市经济密度(*ECO_den*)的回归系数均为显著正值，整体方向与理论预期一致。相比之下，政府干预(*GOV*)的估计系数虽为正值，但显著性相对较弱，这在一定程度上可能与政府在资源配置上的效率以及政策传导过程中存在的时间滞后有关。

3.2.2. 稳健性及内生性检验

为了检验基准模型结果的稳健性，本文对主要连续变量进行了缩尾处理，并进行了重新回归，稳健性结果如表 2 所示。核心变量技术外溢(*LNcited_w*)的系数在两组回归中均保持为正，在 10%显著性水平下通过检验，技术外溢提升制造业出口技术复杂度的结论依然成立，对基准结果具有较强的稳健支撑。各控制变量中，人口规模(*POP*)、外商直接投资水平(*FDI*)、人力资本(*HC*)、产业结构(*IND_str*)和城市经济密度(*ECO_den*)的系数保持显著为正，方向与基准回归一致；政府干预(*GOV*)的系数为正但仅在较低显著

性水平下成立，表明其作用相对有限。总体来看，稳健性回归的系数方向、显著性均与基准模型高度一致，进一步验证了技术外溢对制造业出口技术复杂度具有稳定的正向影响。

为了缓解技术外溢与制造业出口技术复杂度之间可能存在双向因果关系及部分遗漏变量引致的内生性问题，本文进一步进行了内生性检验。如表 2 所示，列(2)为第一阶段回归，技术外溢变量 *LNcited* 为被解释变量，采用其一期滞后值 *LNcited_iv* 作为工具变量。回归结果显示，工具变量系数为 0.687，且在 1% 显著性水平下通过检验，表明该工具变量与当前期技术外溢高度相关，具有较强的相关性。列(3)为第二阶段回归，制造业出口技术复杂度 *lnES* 为被解释变量，核心解释变量 *LNcited* 的系数为 0.009，并在 5% 显著性水平下显著为正，符号与基准回归一致，系数大小也基本稳定，说明在考虑内生性后，技术外溢对制造业出口技术复杂度的正向作用依然稳健。总体来看，工具变量回归有效缓解了潜在内生性对估计结果的干扰，进一步增强了本文结论的可靠性。

稳健性检验中核心变量的系数方向与基准回归保持一致，也从侧面说明技术外溢所发挥的作用具有稳定性。即使在对极端值进行处理以及缓解潜在内生性问题后，外溢知识通过提升企业技术储备、促进学习吸收与工艺优化等渠道影响出口结构的机制仍然有效，进一步验证了技术外溢促进出口技术复杂度提升的理论逻辑。

Table 2. Robustness and endogeneity tests
表 2. 稳健性及内生性检验

	(1)	(2)	(3)
	缩尾	<i>LNcited</i>	<i>lnES</i>
<i>LNcited_w</i>	0.005* (1.87)		
<i>LNcited_iv</i>		0.687*** (38.08)	
<i>LNcited</i>			0.009** (2.31)
<i>POP</i>	0.028*** (5.53)	0.229*** (9.90)	0.022*** (4.18)
<i>FDI</i>	3.809*** (4.31)	18.690*** (4.16)	2.623*** (3.08)
<i>GOV</i>	0.062* (1.66)	-0.261 (-1.15)	0.055 (1.44)
<i>HC</i>	1.565*** (12.04)	6.776*** (11.90)	1.405*** (10.11)
<i>IND_str</i>	0.241*** (19.49)	-0.004 (-0.14)	0.236*** (19.31)
<i>ECO_den</i>	0.011*** (3.32)	0.115*** (5.51)	0.012*** (3.21)
<i>_cons</i>	9.833*** (273.50)		

续表

个体效应	控制	控制	控制
时间效应	控制	控制	控制
<i>F</i>	460.781		461.588
<i>r</i> ² _{<i>a</i>}	0.940		0.606
<i>N</i>	3692	3408	3408

3.2.3. 数字经济的调节作用

为考察数字经济发展背景下技术外溢的作用机制，本文参考郑志强等(2024)的做法，在模型中加入数字经济与技术外溢的交互项，以检验数字经济在二者关系中的调节效应。

表 3 展现了数字经济在其中的调节效应。技术外溢变量 *LNcited* 的系数为 0.006，在 5%水平上显著为正，说明城市间知识流动越充分、技术联系越密切，企业越容易获取外部技术信息并通过学习吸收实现工艺提升和产品升级，最终体现在制造业出口技术复杂度的显著提高。数字经济变量 *dig_cite* 的系数为 0.013，同样在 5%显著性水平下为正，表明数字基础设施完善、线上信息交换活跃、数据资源可得性高的城市，在技术获取、创新反馈和生产组织方面具备更高效率，从而推动当地制造业更快向中高技术环节迈进，数字经济显著强化了技术外溢对出口技术复杂度的影响，说明数字化体系正在改变外溢知识的传播与吸收方式。在数字基础设施完备、线上服务普及的城市，企业可以通过科研数据库、数字化供应链平台以及线上协同工具更快速地获取前沿技术信息，并在较短时间内完成吸收、消化与工艺改进。数字经济的驱动使外溢知识在企业内部的转化效率更高，从而增强了技术外溢所带来的工艺优化、流程升级和产品迭代的效果，使外溢知识更容易转化为出口产品结构升级的现实动力。因此，数字经济通过提升知识获取能力、反馈速度与创新效率，放大了技术外溢对制造业出口技术复杂度的促进效应。值得注意的是，在数字平台经济和电子商务迅速发展的背景下，企业通过线上渠道获取技术知识、市场需求和品质反馈更加便捷，这进一步放大了数字经济在技术吸收、产品迭代和出口结构升级中的作用，使数字经济成为提升制造业出口技术含量的重要数字化支撑力量。

Table 3. The moderating effect of the digital economy
表 3. 数字经济的调节效应

	(1)
	lnES
<i>LNcited</i>	0.006**
	(2.05)
<i>dig_cite</i>	0.013**
	(2.19)
<i>POP</i>	0.020***
	(3.84)
<i>FDI</i>	2.802***
	(2.84)
<i>GOV</i>	0.025
	(0.60)

续表

<i>HC</i>	1.427*** (10.34)
<i>IND_str</i>	0.257*** (17.77)
<i>ECO_den</i>	0.009** (2.23)
<i>_cons</i>	9.867*** (270.90)
个体效应	控制
时间效应	控制
<i>F</i>	429.922
<i>r2_a</i>	0.941
<i>N</i>	3432

4. 研究结论及政策建议

4.1. 研究结论

基于 2011~2023 年我国 284 个地级及以上城市的面板数据，本文以专利被引次数构建城市层面的技术外溢指标，在双向固定效应框架下系统考察了技术外溢对制造业出口技术复杂度的影响，并通过稳健性检验和内生性检验对结果进行了校验，主要结论如下：

技术外溢显著提升了制造业出口技术复杂度。基于 2011~2023 年我国 284 个地级及以上城市的面板数据，本文以专利被引次数构建城市层面的技术外溢指标，在双向固定效应模型中进行检验。基准回归结果显示，技术外溢系数为正且在 5%显著性水平下显著；在对主要变量进行缩尾处理后，核心系数的符号和显著性保持稳定。进一步采用技术外溢的一期滞后值作为工具变量进行内生性检验，第二阶段回归中技术外溢仍表现为显著正向影响，说明在考虑潜在内生性后，技术外溢促进制造业出口技术复杂度的结论依然稳健。这表明，城市层面的知识扩散、协同研发和模仿创新，已经成为推动我国制造业出口技术复杂度持续提升的重要力量。

数字经济对技术外溢的作用具有显著的正向调节效应，能够放大技术外溢对制造业出口技术复杂度的促进作用，说明数字经济的发展提升了外溢知识的吸收与转化效率，使技术外溢促进出口技术升级的路径更加有效。在数字化贸易与电子商务快速扩展的背景下，线上信息流通、技术共享与数据反馈机制进一步加强了企业对外溢技术的利用能力，使数字经济成为推动技术外溢作用深化的重要支撑力量。

4.2. 政策建议

基于上述研究结论，结合我国制造业高质量发展的现实需求，本文提出如下政策建议。

4.2.1. 完善技术外溢通道，提升城市间技术联系强度

应进一步畅通企业、高校和科研机构之间的技术合作渠道，鼓励组建跨地区、跨行业的联合研发平台和产业技术联盟，推动专利转移转化、联合攻关和技术标准协同制定。推进技术合作平台的数字化与线上化建设，发展基于产业互联网的技术交流平台和线上技术服务体系，借助数字工具提高跨区域知识

共享与技术对接的效率。通过完善技术市场、优化专利许可和技术交易制度,降低技术流通门槛,使优质知识和关键技术在城市之间和产业链上下游更高效地扩散,从而为制造业出口技术复杂度提升提供更加坚实的技术供给。

4.2.2. 强化企业吸收能力建设, 将“外溢机会”转化为“技术红利”

技术外溢能否真正转化为出口技术复杂度的提升,关键在于企业的吸收、消化和再创新能力。在数字经济和电子商务快速发展的背景下,企业可以借助数字化工具、线上协作平台和数据分析能力提高对外溢知识的获取、识别与处理效率,为技术吸收奠定更坚实的基础。并且加大对制造业企业研发投入、技术改造和数字化升级的政策支持,引导企业提升自有研发能力与工艺改进能力;同时通过税收优惠、研发补贴、人才计划等手段,鼓励企业引进和培养高水平技术人才,增强对外溢知识的识别和利用能力,使技术外溢从“潜在机会”转变为“现实成果”。

4.2.3. 发挥数字经济的调节作用, 提升外溢技术转化效率

适度加强数字基础设施建设、推广产业互联网和线上技术服务平台,提高企业获取外溢知识的渠道广度与速度。政府应加快推进数字基建布局,完善数据中心、工业互联网平台和高质量网络设施建设,为外溢技术的信息流转提供坚实的数字底座。同时应推动技术服务机构、科研平台和公共研发载体的数字化改造,建设更开放的线上技术共享与咨询服务体系,降低企业获取前沿技术信息的门槛,并通过数字平台强化知识产权保护和成果流转的透明度,营造安全、可信的技术使用环境。鼓励制造业企业利用平台电商、线上供应链和数据反馈机制增强技术学习能力,通过数字工具实现更高效的技术吸收与应用,让数字经济在提升技术外溢作用强度方面发挥更大作用,从而持续推动制造业出口技术复杂度的提升。

本文的研究表明,技术外溢已经成为推动我国制造业出口技术复杂度提升的重要力量。政府应完善数字基础设施和数字公共服务将有助于改善知识流动效率,为外溢技术的转化提供必要支持,通过差异化和精准化的政策安排,推动我国制造业在全球价值链体系中实现更高质量的融入。

参考文献

- [1] 谢雨菲, 孙国强. 供应链与区块链融合的扩散效应与作用机制[J]. 中国流通经济, 2025, 39(8): 19-33.
- [2] 郭爱君, 杨春林, 张永年. 长江经济带数字经济产业发展对创新效率的影响——基于技术多样化和技术外溢视角[J]. 经济体制改革, 2024(2): 96-103.
- [3] 张云, 赵富森. 国际技术溢出、吸收能力对高技术产业自主创新影响的研究[J]. 财经研究, 2017, 43(3): 94-106.
- [4] 戴魁早. 技术市场发展对出口技术复杂度的影响及其作用机制[J]. 中国工业经济, 2018(7): 117-135.
- [5] 杨连星, 刘晓光. 中国 OFDI 逆向技术溢出与出口技术复杂度提升[J]. 财贸经济, 2016(6): 97-112.
- [6] Sancho-Zamora, R., Hernández-Perlines, F., Peña-García, I. and Gutiérrez-Broncano, S. (2022) The Impact of Absorptive Capacity on Innovation: The Mediating Role of Organizational Learning. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 842. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020842>
- [7] 张艾莉, 尹梦兰. 技术创新、人口结构与中国制造业出口复杂度[J]. 软科学, 2019, 33(5): 29-34.
- [8] 钞小静. 数字经济、技术进步与出口复杂度——基于城市面板数据的实证分析[J]. 经济评论, 2020(6): 112-128.
- [9] 郑丽琳, 刘东升. 数字经济、知识溢出与企业创新[J]. 统计与信息论坛, 2024, 39(10): 42-55.
- [10] 郑志强, 何佳俐. 社会信用、交易成本与企业专业化分工[J]. 财经研究, 2024, 50(2): 139-153.