

数字经济对中国出口技术复杂度的影响研究

夏杰长 徐紫嫣 姚战琪

(中国社会科学院大学 商学院, 北京 102488)

摘要: 文章基于各省、自治区、直辖市的面板数据, 以人力资本、R&D 经费投入强度为中介变量, 研究了数字经济对中国出口技术复杂度的影响。结果显示: 数字经济正向影响中国人力资本、R&D 经费投入强度、出口技术复杂度; 人力资本与 R&D 经费投入强度具有链式中介效应, 存在“数字经济—人力资本—R&D 经费投入强度—出口技术复杂度”的路径; 人力资本是数字经济与出口技术复杂度的中介变量; R&D 经费投入强度是数字经济与出口技术复杂度的中介变量; 大学生毕业人数占比调节了 R&D 经费投入强度与出口技术复杂度的关系。因此应培养大学生的创新意识和创新能力, 推动数字经济与实体经济相结合, 完善中国科技创新体制机制。

关键词: 数字经济; 出口技术复杂度; 人力资本; R&D 经费投入

中图分类号: F49 **文献标识码:** A **文章编号:** 0257-0246 (2022) 02-0065-11

一、引言

提升出口技术复杂度是中国贸易高质量发展的重要目标。出口技术复杂度和国内增加值都是评估一国国际分工地位的重要指标。近年来, 中国出口技术复杂度提升较快, 但各地区的出口技术复杂度差异较大, 发展不平衡, 直接制约了国际贸易竞争力的提升。影响地区出口技术复杂度的因素很多, 主要包括人力资本水平、外商直接投资结构、研发能力、制造业与服务业协同集聚等。^① 此外, 金融发展水平、知识产权保护、地区专业化和市场化对出口技术复杂度的影响不容忽视。^②

目前, 关于数字经济影响出口技术复杂度的文献分为三类: 数字经济能够提高出口效率;^③ 贸易成本和人力资本是数字经济提升中国各省、自治区、直辖市出口技术复杂度的中介变量;^④ 数字贸易可通过研发经费的投入强度促进中国出口技术复杂度的提升。^⑤

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (72073139)。

作者简介: 夏杰长, 中国社会科学院大学商学院教授, 研究方向: 服务经济与产业发展; 徐紫嫣, 中国社会科学院大学商学院博士生, 专业方向: 旅游与现代服务业; 姚战琪, 中国社会科学院大学商学院教授, 研究方向: 服务经济与服务贸易。

^① 徐紫嫣、姚战琪、夏杰长:《协同集聚对出口技术复杂度的影响研究——基于区域创新中介效应检验》,《经济纵横》2021 年第 9 期。

^② 李霞、邵建春:《中国知识产权保护对出口技术复杂度提升的异质性影响》,《浙江学刊》2021 年第 1 期。

^③ 范鑫:《数字经济与出口: 基于异质性随机前沿模型的分析》,《世界经济研究》2021 年第 2 期。

^④ 余姗、樊秀峰、蒋皓文:《数字经济对我国制造业高质量走出去的影响——基于出口技术复杂度提升视角》,《广东财经大学学报》2021 年第 2 期。

^⑤ 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》,《改革》2021 年第 1 期。

本文的研究聚焦于数字经济与出口技术复杂度之间的关系，研究数字经济如何以及何时会影响中国出口技术的复杂度。首先，数字经济成为提升出口技术复杂度的重要因素之一。夏杰长等的研究表明，互联网可增强贸易便利度，降低货物贸易和服务贸易的交易成本，从而显著促进进出口贸易的增长。^①其次，新型数字基础设施能显著促进中国对外贸易升级。钞小静等使用中国地级城市以上的面板数据研究了新型数字基础设施对中国对外贸易升级的影响，发现新型数字基础设施能够通过技术扩散效应等渠道促进中国对外贸易升级。^②已有文献对数字经济与出口贸易的影响因素做了有益探索，但很少关注数字经济与出口技术复杂度之间的关系，数字经济与出口技术复杂度之间是什么关系？为什么数字经济会影响出口技术复杂度？数字经济可通过怎样的路径和机制对出口技术复杂度产生影响？这些问题需要进一步研究。

二、作用机理及研究假设

1. 数字经济影响出口技术复杂度的内在机制

首先，本地区和相邻地区的数字经济发展水平都能提升出口技术复杂度。余姗等认为，无论分样本还是全样本回归，数字经济发展水平都能显著提升出口技术复杂度，且相邻地区的数字经济发展水平对本地区出口技术复杂度的促进作用大于本地区数字经济的促进作用。^③其次，数字经济发展水平能通过人力资本、贸易成本等渠道来间接提升出口技术复杂度。数字经济能显著促进人力资本的提升，人力资本又能促进出口技术复杂度的提升，因此，数字经济可通过人力资本等渠道间接促进中国出口技术复杂度不断提升。据此，本文提出以下假设：

H1：数字经济与出口技术复杂度显著正相关。

2. 数字经济提高出口技术复杂度

数字经济能提升人力资本。首先，数字经济促进全球制造业质量升级、推动各级员工再培训和加快实施管理创新，在这种经济条件下，社会急需人力资本投资及高技能人才。余东华等认为，在数字经济条件下，国家的竞争力首先取决于不断积累的人力资本，这些人力资本在全球、国家、企业以及社会、个人的各个层面上都拥有数字化能力。^④其次，信息和通信技术（ICT）与人力资本呈现互补关系。左晖等研究了ICT投资、组织创新、劳动力的技能及其构成之间的关系，发现ICT投资要求更高水平的人力资本，这是因为ICT需要受过更好教育的人员进行积极有效的互动，才能提高全要素生产率和刺激生产力的增长。^⑤

人力资本能提升出口技术复杂度。作为非物质资本的人力资本与出口技术复杂度紧密关联。在校大学生比例以及不断提高的劳动力素质对出口技术复杂度具有促进作用，而且丰富的人力资本能够通过促进生产要素的流动来提高出口技术复杂度。首先，人力资本成为促进出口技术复杂度提升的重要驱动因素。如果不考虑以加工贸易为导向的进口产品对技术成熟度的影响，那么，人力资本、FDI和R&D投资在促进出口技术复杂度升级方面均发挥了重要作用。^⑥其次，人力资本是促进各国经济增

① 夏杰长、谭洪波：《服务贸易之商业存在：规模、竞争力和行业特征》，《财经问题研究》2019年第11期。

② 钞小静、薛志欣、孙艺鸣：《新型数字基础设施如何影响对外贸易升级——来自中国地级及以上城市的经验证据》，《经济科学》2020年第3期。

③ 余姗、樊秀峰、蒋皓文：《数字经济对中国制造业高质量走出去的影响——基于出口技术复杂度提升视角》，《广东财经大学学报》2021年第2期。

④ 余东华、李捷：《人力资本积累、有效劳动供给与制造业转型升级——基于信息网络技术扩散的视角》，《经济科学》2019年第2期。

⑤ 左晖、艾丹祥：《ICT投资、偏向性技术变化与全要素生产率》，《统计研究》2021年第9期。

⑥ Yuan Fang, Guoda Gu, Hongyi Li, "The Impact of Financial Development on the Upgrading of China's Export Technical Sophistication," *International Economics and Economic Policy*, Vol. 12, No. 2, 2015, pp. 257-280.

长的重要动力和源泉,各国出口贸易模式会对该国人力资本积累产生影响,各国出口结构会推动该国受教育程度的变化。在过去的半个世纪里,许多发展中国家经历了出口导向型增长,但初级产品出口规模的不断增长会损害人力资本的积累,初级产品出口会减少人力资本积累,因此,劳动密集型产品的出口增长降低了平均受教育程度,而技术密集型产品的出口增长提升了受教育程度,且人力资本投资对新兴亚洲国家的影响大于发达国家。^① 据此,本文提出以下假设:

H2: 人力资本在数字经济对出口技术复杂的影响中存在中介效应。

数字经济能提升 R&D 经费投入强度。第一,数字经济能显著影响产品创新和技术创新,数字经济对技术创新的促进作用大于其对产品创新的促进作用。熊励等认为,数字素养对技术创新的促进作用最显著,数字经济基础设施和数字应用也能促进企业加快提升科技创新能力。^② 第二,数字经济能驱动商业模式创新。易加斌等认为,数字经济能够通过数字机会能力、数字化能力、数字协同能力等方式显著影响企业创新,从而促进企业商业模式创新。^③ 第三,数字经济可为文化产业提供巨大的发展空间,也为文化产业消费提供了新空间。张庆波等认为,不断增强数字经济条件下的文化产业竞争能力能促进文化产业创新发展,将数字技术转化为经济效益,能满足文化创新发展的消费需求。^④ 夏杰长等认为,数字经济正在赋能文旅产业融合发展,文旅产业的融合发展拓展了文化产业的传统边界,创造了新的文化业态,扩大了文化消费市场。^⑤

R&D 经费投入强度能提升出口技术复杂度。第一,自主研发能显著提升出口技术复杂度。韩亚峰等认为,自主研发能促进出口技术复杂度的提升,自主研发与出口技术复杂度具有明显的近邻效应,中国中西部地区的自主创新对出口技术复杂度的促进作用大于东部地区,自主创新研发水平不但可以直接转化为企业的生产技术,也可以提升制造业对中间品技术溢出的吸收能力。^⑥ 第二,适度的企业研发能促进中国制造业出口技术复杂度的提升。毛其淋等认为,企业研发能显著提升企业出口技术复杂度,但要把握好研发的强度,过度的企业研发反而会削弱其对出口技术复杂度的促进作用。^⑦ 第三,不同类型的企业研发对出口技术复杂度的作用不同。外资企业的研发对出口技术复杂度的促进作用大于本土企业,且国有企业的属性降低了自主研发对出口技术复杂度的促进作用。另外,一般贸易企业和混合贸易企业的自主研发能显著提升该类型企业的出口技术复杂度,加工贸易企业的自主研发对该类型企业的出口技术复杂度的提升作用较弱。据此,本文提出以下假设:

H3: R&D 经费投入强度在数字经济对出口技术复杂的影响中存在中介效应。

人力资本促进 R&D 经费投入强度的不断提升。第一,人力资本能够通过促进研发人员数量增长等渠道提高企业创新产出能力,人力资本是技术创新的源泉,人力资本对创新人员的投入具有决定作用。陈效东的研究表明,人力资本激励制度能够充分激发创新人员的积极性,培养高素质复合型人才,充分发挥激励作用,促进科技与人才共同发展,从而提升企业的创新能力。^⑧ 第二,人力资本与创新效率显著正相关,且人力资本的规模要素能显著促进创新绩效的提升。裴政等使用 2011—2015 年的面板数据对人力资本进行分解,将人力资本分为数量、质量和结构三个要素,研究了各类型人力资本对企业创新成果数量的影响,发现人力资本的数量和结构能明显促进企业创新绩效的提升,而人

^① Blanchard Emily J., Olney William W., "Globalization and Human Capital Investment: Export Composition Drives Educational Attainment," *Journal of International Economics*, Vol. 106, No. 5, 2017, pp. 165-183.

^② 熊励、蔡雪莲:《数字经济对区域创新能力提升的影响效应——基于长三角城市群的实证研究》,《华东经济管理》2020 年第 12 期。

^③ 易加斌、柳振龙、杨小平:《数字经济能力驱动商业模式创新的机理研究》,《会计之友》2021 年第 8 期。

^④ 张庆波、于志永:《数字经济变革中的文化产业创新与发展探究》,《中国市场》2021 年第 2 期。

^⑤ 夏杰长、贺少军、徐金海:《数字化:文旅产业融合发展的新方向》,《黑龙江社会科学》2020 年第 2 期。

^⑥ 韩亚峰、付芸嘉:《自主研发、中间品进口与制造业出口技术复杂度》,《经济经纬》2018 年第 6 期。

^⑦ 毛其淋、方森辉:《创新驱动与中国制造业企业出口技术复杂度》,《世界经济与政治论坛》2018 年第 2 期。

^⑧ 陈效东:《谁才是企业创新的真正主体:高管人员还是核心员工》,《财贸经济》2017 年第 12 期。

力资本的质量对创新绩效的影响不显著。^①同时,虽然人力资本对小型企业和大型企业的创新绩效都具有促进作用,但人力资本对小企业创新绩效的促进作用,显著大于其对大型企业创新绩效的促进作用。据此,本文提出以下假设:

H4:人力资本对R&D经费投入强度起正向促进作用,人力资本、R&D经费投入强度在数字经济与出口技术复杂度间起多重中介作用。

3. 大学生毕业人数占比的调节作用

大学生毕业人数占比能显著影响R&D经费投入强度,也能促进出口技术复杂度的提高。第一,高新区的人才数量和人才比例均有利于外商直接投资对该地区的技术溢出,高新区拥有的人才越多,越有利于该地区提升创新能力和增加外商投资的技术溢出,高新区拥有的人才越少,越不利于该地区外商投资的技术溢出。程正中等研究了中国31个大中城市及国家高新区的外商投资对区域创新的影响,使用大学及科研机构相对数量作为控制变量,大专及以上学历从业人员比重与外商投资强度的交互项为交互变量,研究发现,高新区的人才比例(大专及以上学历从业人员比重)能促进高新区营业收入的增长,且高新区的大专及以上学历从业人员比重与外商投资的交互项的回归系数显著为正。^②因此,大专及以上学历从业人员比重能显著促进外商投资的技术溢出增长。第二,出口技术复杂度能显著提升中国的创新能力,国内人才和海外人才都能提升中国出口技术复杂度。国内大学生毕业人数占比的增长能促进中国不同地区出口技术复杂度的提高,而海外人才对中部地区和西部地区出口技术复杂度的促进作用较弱。

R&D经费投入强度传导了数字经济对出口技术复杂度的作用,但R&D经费投入强度对出口技术复杂度的促进作用依赖于大学生毕业人数占比,大学生毕业人数占比能推动R&D经费投入强度对出口技术复杂度的促进作用。大学生毕业人数占比增长越快,R&D经费投入强度与出口技术复杂度之间的正向关系就越强,R&D经费投入强度通过大学生毕业人数占比对出口技术复杂度的促进作用就越显著;反之,大学生毕业人数占比增长越慢,R&D经费投入强度越难以促进出口技术复杂度的提高,R&D经费投入强度通过大学生毕业人数占比对出口技术复杂度的提高作用就越显著。据此,本文提出以下假设:

假设H5a:大学生毕业人数占比调节创新投入强度与出口技术复杂度的关系,大学生毕业人数占比越高,R&D经费投入强度与出口技术复杂度的正向关系就越强。

假设H5b:只有大学生毕业人数占比比较高时,R&D经费投入强度才能起到中介作用。

基于以上理论分析,可以得出数字经济与出口技术复杂度之间的影响作用机制,见图1。

三、模型构建及数据序列构造

1. 模型构建

本文拟建立结构方程模型来研究数字经济是否通过人力资本、R&D经费投入强度来促进中国出口技术复杂度提升:

$$Huml = a + b \times Digl + c \times Fore + d \times Techin$$

$$Rdin = e + f \times Digl + g \times Huml + h \times Fore + i \times Techin$$

$$Expty = j + k \times Digl + l \times Huml + m \times Rdin + n \times Stud + o \times Rdin \times Stud + p \times Fore + q \times Techin$$

其中, $Huml$ 为人力资本, $Digl$ 为数字经济, $Rdin$ 为R&D经费投入强度, $Expty$ 为出口技术复杂

^① 裴政、罗守贵:《人力资本要素与企业创新绩效——基于上海科技企业的实证研究》,《研究与发展管理》2020年第4期。

^② 程正中、夏恩君:《外商直接投资对高新区企业研发的影响研究——基于31个大中城市国家高新区面板数据的实证分析》,《工业技术经济》2019年第12期。

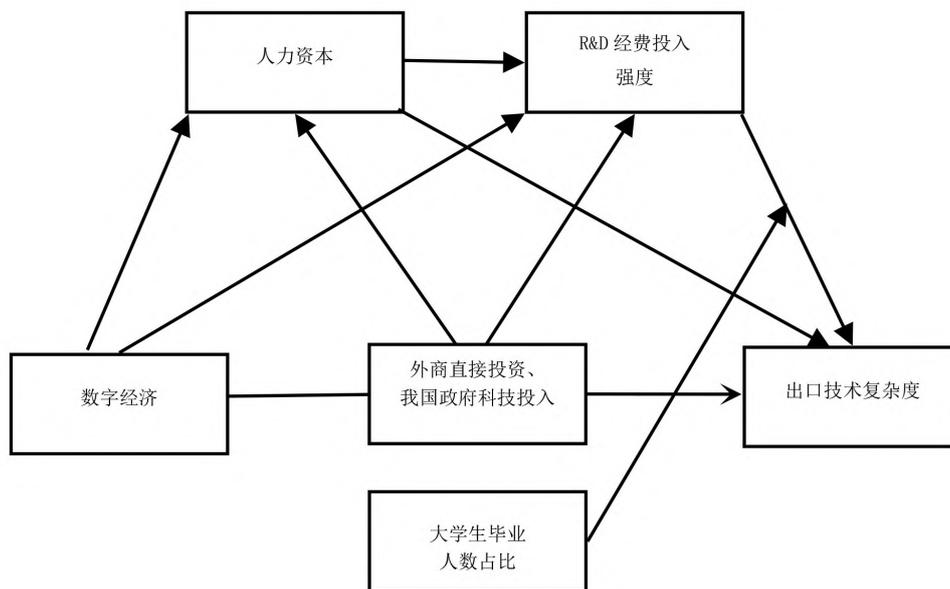


图1 理论分析框架

度, $Fore$ 为外商直接投资, $Techin$ 为政府科技投入, $Stud$ 为大学生毕业人数占比。

为了减少非本质的共线性, 本文对所有变量进行标准化。

2. 变量选取

被解释变量。使用许治等的方法测算中国出口技术复杂度。^①

$$Expty_s = \sum_u (EXPT_s^u / EXPT_s) \times PRODY_u$$

其中, s 代表省份, u 代表行业, $(EXPT_s^u / EXPT_s)$ 代表中国 s 省 u 行业出口额占 s 省出口总额的比重, $PRODY_u$ 为 s 省 u 行业劳动生产率。

核心解释变量。构建了由 3 个一级指标 (信息化发展水平、电信主营业务收入、互联网行业发展水平), 11 个测度指标 (微型电子计算机产量、手机产量、移动通信基站设备产量、程控交换机产量、移动电话用户数、固定电话用户数、移动短信业务量、信息技术业务收入、嵌入式系统软件收入、电子商务交易企业数、互联网宽带接入用户数) 构成的数字经济发展水平测度指标体系。首先, 对变量进行标准化处理 (或正向化处理、均值化处理); 其次, 使用熵值赋权法, 对权重值进行加权; 最后, 使用熵值法与 TOPSIS 法以及两者结合的方法, 计算中国各省数字经济发展水平综合评价指数。

中介变量。使用姚战琪^②的方法计算各省、自治区、直辖市的人力资本。使用各地 R&D 经费支出与 GDP 之比来反映 R&D 经费投入强度。

调整变量。使用大学生毕业人数占比来反映高校毕业生历年人数。

控制变量。使用外商直接投资占比作为中国对外商投资的开放度变量, 使用政府对各地的科技资金投入作为中国政府科技投入变量。

3. 数据来源

出口额、国内生产总值、就业人数、R&D 经费支出、大学生毕业人数、外商直接投资、政府科技资金投入等变量数据来源于《中国统计年鉴》、Wind 经济数据库。本文使用 Wind 经济数据库中的

^① 许治、王思卉:《中国各省份出口商品技术复杂度的动态演进》,《中国工业经济》2013 年第 8 期。

^② 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》,《改革》2021 年第 1 期。

行业数据计算各省、自治区、直辖市的数经济发展水平。

四、实证研究结果

1. 数字经济对出口技术复杂度的总效应

表1为基准回归结果,从模型1可看到,核心解释变量(数字经济)的估计系数在1%的显著水平上显著为正(0.771),说明数字经济有利于出口技术复杂度的提升。为了控制遗漏变量,本文进一步加入控制变量,模型2为加入政府科技资金投入变量后的估计结果,模型3为加入外商直接投资占比的估计结果。根据模型3可看到,核心解释变量(数字经济)的估计系数有所下降,但仍通过了1%的显著水平检验。

表1 数字经济对出口技术复杂度的总效应

	模型1		模型2		模型3	
	β	标准误	β	标准误	β	标准误
常量	0.011	0.056	0.008	0.056	0.000	0.053
<i>Digl</i>	0.771	0.058	0.797	0.076	0.715	0.073
<i>Techin</i>			-0.045	0.083	-0.107	0.079
<i>Fore</i>					0.267	0.058
R ²	0.550		0.551		0.610	
F	174.539		86.985		73.433	

2. 数字经济影响出口技术复杂度的中介效应

(1) 数字经济通过人力资本影响出口技术复杂度的中介效应

从表2可看到,在人力资本为中介变量的情形下,数字经济对出口技术复杂度的总效应为0.7150(模型6数字经济的估计系数为0.715),置信区间为(0.5702, 0.8597),数字经济对出口技术复杂度的直接效应为0.5530(模型5数字经济的估计系数为0.5530),置信区间为(0.4008, 0.7051),数字经济对出口技术复杂度的间接效应为0.1620(0.441×0.368),置信区间为(0.0847, 0.2435),因此,人力资本的中介效应显著。

表2 人力资本为中介变量的检验结果

	Huml (模型4)			Expty (模型5)			Expty (模型6)		
	β	SE	<i>t</i>	β	SE	<i>t</i>	β	SE	<i>t</i>
常数项	-0.083	0.052	-1.602	0.031	0.050	0.623	0.000	0.053	0.006
<i>Techin</i>	-0.120	0.078	-1.542	-0.063	0.074	-0.844	-0.107	0.079	-1.356
<i>Fore</i>	0.330	0.057	5.790	0.145	0.060	2.423	0.267	0.058	4.623
<i>Digl</i>	0.441	0.072	6.094	0.553	0.077	7.186	0.715	0.073	9.765
<i>Huml</i>				0.368	0.080	4.612			
R ²		0.471			0.661			0.610	
F		41.771			68.310			73.433	

(2) 数字经济通过R&D经费投入强度影响出口技术复杂度的中介效应

在R&D经费投入强度为中介变量的情形下,数字经济对出口技术复杂度的直接效应为0.4652,置信区间为(0.2634, 0.6670),数字经济对出口技术复杂度的间接效应为0.2498,置信区间为(0.0777, 0.3943),因此,R&D经费投入强度的中介效应显著。

(3) 数字经济通过人力资本、R&D经费投入强度影响出口技术复杂度的中介效应

由图2可得到简单斜率 $m+O^*stud$ 显著不为零的调节变量 $stud$ 的置信区间。由图2可见,对调节变量(大学生毕业人数占比)在不同水平下的简单斜率分析结果表明,当大学生毕业人数占比(标

准化的大学生毕业人数占比) 大于-1.1005 时, 简单斜率 $m+O * stud = 0.78+0.45 * stud$ 显著, 即调节变量 (标准化的大学生毕业人数占比) 在以上置信区间时, 简单斜率 $m+O * stud$ 显著。

表 3 R&D 经费投入强度为中介变量的检验结果

	Rdin (模型 7)			Expty (模型 8)			Expty (模型 9)		
	coeff	SE	t	coeff	SE	t	coeff	SE	t
常数项	-0.096	0.029	-3.280	0.048	0.053	0.909	0.000	0.053	0.006
<i>Techin</i>	0.030	0.044	0.675	-0.122	0.076	-1.596	-0.107	0.079	-1.356
<i>Fore</i>	0.205	0.032	6.351	0.166	0.063	2.626	0.267	0.058	4.623
<i>Digl</i>	0.507	0.041	12.385	0.465	0.102	4.558	0.715	0.073	9.765
<i>Huml</i>				0.493	0.145	3.391			
R ²		0.761			0.639			0.610	
F		149.385			62.049			73.433	

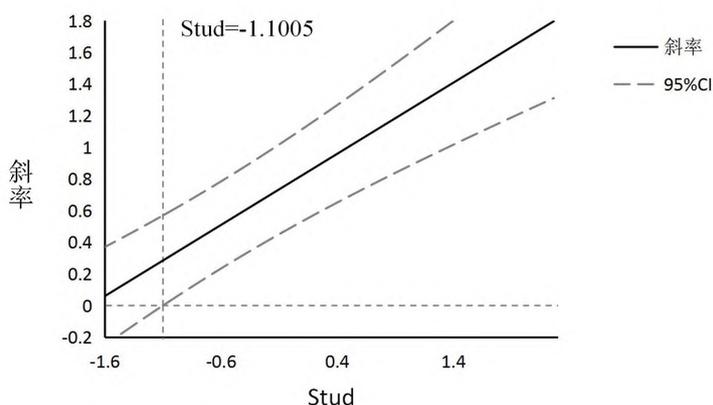


图 2 Johnson-Neyman 下的简单斜率图

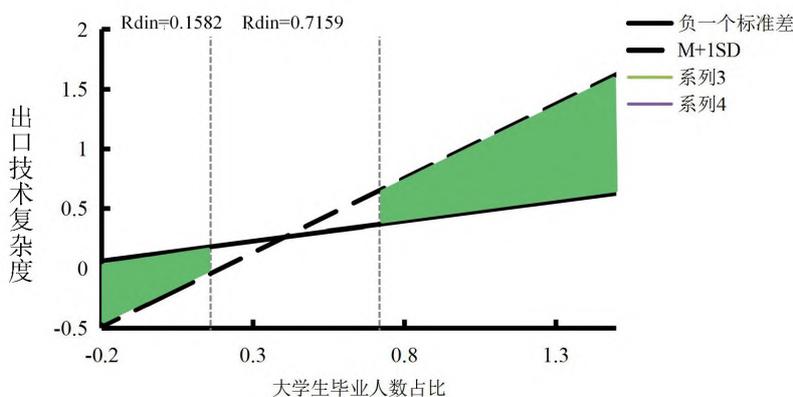


图 3 研发经费投入强度对大学生毕业人数占比与出口技术复杂度之间关系的调节效应图

图 3 为研发经费投入强度对大学生毕业人数占比与出口技术复杂度之间关系的调节效应图, 可看到当研发经费投入强度大于 0.7159 时, 大学生毕业人数占比对出口技术复杂度具有显著的促进作用。当研发经费投入强度小于 0.1582 时, 大学生毕业人数占比对出口技术复杂度具有显著负向影响。

从表 4 和表 5 可看见, 数字经济通过人力资本对出口技术复杂度产生影响的中介效应为 0.1417, 数字经济对出口技术复杂度产生的直接效应为 0.3875, 说明模型存在部分中介效应。数字经济通过 R&D 经费投入强度对出口技术复杂度产生影响的中介效应为 0.1654。数字经济通过人力资本、R&D 经费投入强度对出口技术复杂度产生的间接效应为 0.0203, 即数字经济对出口技术复杂度的作用也

能通过人力资本、R&D 经费投入强度进行传导。

表 4 数字经济通过人力资本、R&D 经费投入强度影响出口技术复杂度的中介效应

	Huml (模型 10)			Rdin (模型 11)			Expty (模型 12)		
	<i>coeff</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>coeff</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>coeff</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>
常数项	-0.083	0.052	-1.602	-0.086	0.029	-2.962	0.062	0.050	1.245
<i>Techin</i>	-0.120	0.078	-1.542	0.045	0.044	1.031	-0.079	0.073	-1.083
<i>Fore</i>	0.330	0.057	5.790	0.163	0.035	4.652	0.086	0.063	1.353
<i>Digl</i>	0.441	0.072	6.094	0.451	0.045	10.030	0.388	0.099	3.919
<i>Huml</i>				0.126	0.047	2.699	0.321	0.080	4.012
<i>Rdin</i>							0.367	0.142	2.588
R ²		0.471			0.773			0.677	
F		41.771			118.852			58.210	

表 5 中介效应分解表

	<i>Effect</i>	<i>BootSE</i>	<i>BootLLCI</i>	<i>BootULCI</i>
间接效应	0.3275	0.0733	0.1666	0.4516
<i>Digl</i> -> <i>Huml</i> -> <i>Expty</i>	0.1417	0.0402	0.0658	0.2232
<i>Digl</i> -> <i>Rdin</i> -> <i>Expty</i>	0.1654	0.0664	0.0266	0.2877
<i>Digl</i> -> <i>Huml</i> -> <i>Rdin</i> -> <i>Expty</i>	0.0203	0.0122	0.0007	0.0477
直接效应	0.3875	0.0989	0.1920	0.5830
总效应	0.7150	0.0732	0.5702	0.8597

(4) 在有调节变量的情形下，数字经济通过人力资本、R&D 经费投入强度影响出口技术复杂度的中介效应

表 6 有调节的中介模型检验

	Huml (模型 13)			Rdin (模型 14)			Expty (模型 15)		
	β	<i>SE</i>	<i>t</i>	β	<i>SE</i>	<i>t</i>	β	<i>SE</i>	<i>t</i>
常数项	-0.08	0.05	-1.60	-0.09	0.03	-2.96	-0.05	0.05	-1.07
<i>Techin</i>	-0.12	0.08	-1.54	0.04	0.04	1.03	-0.22	0.07	-2.91
<i>Fore</i>	0.33	0.06	5.79	0.16	0.04	4.65	0.18	0.06	3.09
<i>DIGL</i>	0.44	0.07	6.09	0.45	0.05	10.03	0.32	0.09	3.56
<i>Huml</i>				0.13	0.05	2.70	0.27	0.07	3.65
<i>Rdin</i>							0.78	0.15	5.37
<i>Stud</i>							-0.18	0.06	-3.22
<i>Rdin</i> × <i>Stud</i>							0.45	0.07	6.32
R ²		0.47			0.77			0.76	
F		41.77			118.85			61.08	

表 6 为有调节的中介模型检验结果。由模型 15 可见，数字经济能显著促进中国出口技术复杂度提升，假设 H1 得到支持。从模型 13 和模型 15 可看到，数字经济对人力资本的回归系数显著为正，并通过了 1% 的显著性检验，人力资本对出口技术复杂度的回归系数也显著为正，因此，人力资本在数字经济对出口技术复杂度的影响中存在中介效应，假设 H2 得到支持。从模型 14 看到，数字经济能显著促进中国 R&D 经费投入强度增长，并通过了 1% 的显著性检验，从模型 15 可看到，中国 R&D 经费投入强度能显著促进出口技术复杂度提升，假设 H3 得到支持。数字经济能显著促进人力资本（模型 13）积累，人力资本对研发经费投入强度的回归系数显著为正（模型 14），而研发经费投入强度能显著促进中国提升出口技术复杂度提升（模型 15），因此，人力资本和研发经费投入强度在数字经济与出口技术复杂度间起多重中介效应，假设 H4 得到支持。

当各地大学生毕业人数占比较高时，将增强 R&D 经费投入强度对出口技术复杂度的促进作用，当各地大学生毕业人数占比较低时，将削弱 R&D 经费投入强度对出口技术复杂度的促进作用。因此，R&D 经费投入与出口技术复杂度的关系会受到各地大学生毕业人数占比的显著影响。

从表 6 可看到，对各变量标准化，可得到数字经济对中国出口复杂度的直接效应为 0.32。数字经济经过中介变量（人力资本）的间接效应为 0.1188。从数字经济对出口技术复杂度的影响的间接效应的估计结果来看，在 Stud 大于 -0.912 时，BootLLCI 和 BootULCI 的置信区间均不包含 0，因此，调节变量处于不同水平时的条件效应也显著。

表 7 调节变量处于不同水平时的条件效应

	<i>Stud</i>	<i>Effect</i>	<i>SE</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>LLCI</i>	<i>ULCI</i>
	-0.912	0.369	0.141	2.619	0.010	0.136	0.603
模型 16	-0.205	0.687	0.142	4.848	0.000	0.452	0.922
	1.214	1.325	0.189	7.010	0.000	1.012	1.638

由表 7 可见，当大学生毕业人数占比高于均值的一个标准差时，R&D 经费投入强度对出口技术复杂度的促进作用就显著。在模型 16 中，当大学生毕业人数占比分别为 -0.912、-0.205、1.214 时，R&D 经费投入强度对出口技术复杂度的促进作用分别为 0.369， $p=0.01$ 、0.687， $p<0.001$ 、1.325， $p<0.001$ ，90%的置信区间均不包括零，假设 H5a 得到支持。当大学生毕业人数占比大于 -0.912 时，R&D 经费投入强度对出口技术复杂度的促进作用会不断增强，假设 H5b 得到支持。

从图 4 可看到，随着大学生毕业人数占比由低到高，大学生毕业人数占比倾向于影响研发经费投入强度与出口技术复杂度的关系，研发经费对出口技术复杂度的影响由缓慢增长变为快速增长，即大学生毕业人数占比越高，研发经费投入强度与出口技术复杂度的正向关系就越强。

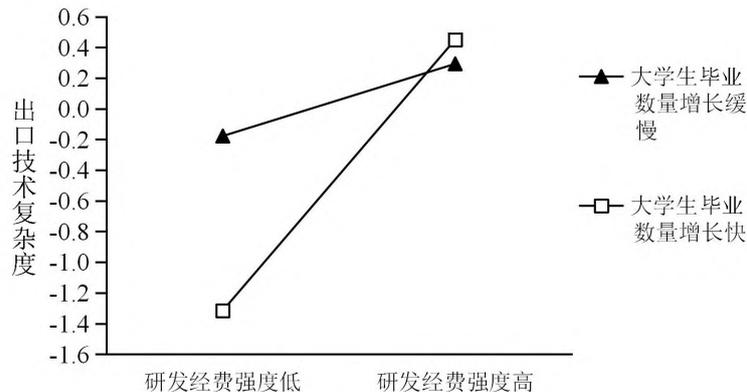


图 4 大学生毕业数量对研发经费投入强度—出口技术复杂度的调节作用

3. 内生性检验及内生性处理

表 8 为内生性检验结果。数字经济与研发经费投入强度可能存在双向因果关系，数字经济会促进研发经费投入强度增长，研发经费投入强度增长也可能导致数字经济增长。除了测量误差外，数字经济的内生性问题可能与随机干扰项相关。为了检验内生性对方程可靠性的影响程度，本文使用数字经济的滞后一期、是否为东部地区为工具变量，并对所有变量进行标准化。选择的工具变量与数字经济存在较强的相关性，且该工具变量受其他因素影响较小，具有较强的外生性。为了防止出现弱工具变量，也计算得到了两个工具变量与数字经济的较大相关系数。由表 8 可见，对模型进行 Kleibergen-Paap rk LM 检验，Kleibergen-Paap rk LM 在 1% 的显著性水平上拒绝了原假设（两个工具变量存在识别不足），Cragg-Donald Wald F 检验也显著拒绝工具变量存在弱识别问题的原假设，使用过度识别检验可见扰动项不相关。

表 8 内生性检验

	Huml (模型 17)			Rdin (模型 18)			Expty (模型 19)		
	β	SE	t	β	SE	t	β	SE	t
常数项	0.099	0.072	1.380	-0.053	0.044	-1.210	-0.135	0.059	-2.280
<i>Techin</i>	0.353	0.160	2.200	0.310	0.072	4.320	-0.286	0.106	-2.700
<i>Fore</i>	0.247	0.072	3.420	0.008	0.053	0.140	0.296	0.066	4.470
<i>Digl</i>	0.269	0.113	2.370	0.260	0.087	3.000	0.333	0.070	4.750
<i>Huml</i>				0.459	0.090	5.100	0.396	0.130	3.060
<i>Rdin</i>							0.365	0.169	2.160
<i>Stud</i>							-0.101	0.078	-1.290
<i>Rdin×Stud</i>							0.499	0.096	5.170
Anderson 正则相关性检验		4.952			26.993			18.792	
<i>p Value</i>		0.026			0.000			0.000	
<i>Kleibergen - Paap rk LM statistic</i>		23.445			28.573			24.159	
<i>p Value</i>		0.000			0.000			0.000	
<i>Kleibergen - Paap rk Wald F statistic</i>		85.183			682.222			356.141	
<i>Cragg - Donald Wald - F</i>		189.638			1418.727			740.181	
<i>Hansen J statistic</i>		0.298			0.026			3.540	
<i>p Value</i>		0.585			0.872			0.170	
<i>DWH Chi2</i>		10.267			4.305			4.277	
<i>p Value</i>		0.001			0.038			0.039	
第一阶段 F 统计量		128.340			514.070			606.690	

4. 稳健性检验

为了降低核心变量误差对估计结果的影响,可以更换数字经济和出口技术复杂度的代理变量。表 9 为更换核心解释变量的稳健性检验结果,具体使用数字贸易 (shum) 替代数字经济来测算数字经济发展水平对出口技术复杂度的影响,研究结果发现,本研究的所有假设并未因为参数设定的改变而发生变化,因此,本文提出的假设是稳健的。

表 9 稳健性检验结果

	效应值	BootSE	BootLLCI	BootULCI	结果
数字贸易影响出口技术复杂度的间接效应	0.788	0.132	0.532	1.053	显著
数字贸易→人力资本→出口技术复杂度	0.342	0.091	0.181	0.534	显著
数字贸易→R&D 经费投入强度→出口技术复杂度	0.357	0.100	0.170	0.560	显著
数字贸易→人力资本→R&D 经费投入强度→出口技术复杂度	0.090	0.038	0.027	0.174	显著
数字贸易影响出口技术复杂度的直接效应	0.682	0.193	0.299	1.064	显著
数字贸易影响出口技术复杂度的总效应	1.470	0.194	1.086	1.854	显著

五、结论与政策建议

本文考察了数字经济、人力资本通过中国 R&D 经费投入强度对出口技术复杂度提升的作用机制,研究结论如下:

第一,数字经济对出口技术复杂度具有正向促进作用,说明数字经济是促进出口技术复杂度提升

的重要因素。数字经济不但能直接促进出口技术复杂度的提升，且对出口技术复杂度具有间接影响，本文得到数字经济影响中国出口技术复杂度的一条链式多重中介效应路径：数字经济→人力资本→R&D 经费投入强度→出口技术复杂度。第二，人力资本在数字经济与出口技术复杂度之间起中介作用，数字经济通过促进人力资本积累等方式驱动中国出口技术复杂度提升。第三，R&D 经费投入强度在数字经济与出口技术复杂度之间起中介作用，数字经济通过促进 R&D 经费投入快速增长来驱动出口技术复杂度的不断提升。第四，大学生毕业人数占比影响 R&D 经费投入强度对出口技术复杂度的效应，大学生毕业人数占比调节了 R&D 经费投入强度与出口技术复杂度之间的关系，因此大学生毕业人数占比在促进 R&D 经费投入强度增长方面发挥更大的作用。

基于上述结论，本文提出如下建议：第一，全力建设“数字中国”，提升贸易附加值。把握数字化、网络化、智能化的方向，利用数字技术对传统产业进行全方位、全链条的改造，优化创新环境，激励企业数字化转型与创新。推动数字经济和实体经济融合发展，提高制造业技术含量和服务贸易数字化水平，增加贸易附加值，利用数字技术降低跨境贸易交易成本和改进贸易便利度。构建适应数字经济发展特征和规律监管规则，在严格监管和鼓励创新之间寻求平衡，两者不可偏废。第二，优化大学创新创业教育，健全大学的创新创业教育激励机制，培养创新型人才。培养大学生的创新意识和创新能力，加大对大学生创新创业理论和实践的考核，鼓励大专院校设置创新创业课程，将专业课程与创新创业能力紧密结合，通过创新创业活动提高大学生的核心能力，切实提高大学生的人力资本水平。第三，健全中国科技创新体制机制，增强科技投入强度，优化科技投入结构，构建人才脱颖而出的发展环境。通过加大“引才引智”的力度、调动科技人员的积极性和创造性、鼓励优秀科技人员在生产和贸易领域发挥更加积极作用以及提高 R&D 经费投入占比的途径，提高制成品技术含量和出口复杂度，推动贸易高质量发展和贸易强国建设。第四，积极推动人工智能、大数据、区块链等与贸易深度融合，加快发展数字贸易，构建数字贸易产业生态圈，实施跨境数据流动分级分类管理制度，提升数字贸易创新能力。建立与国际接轨的数字贸易统计核算体系，吃透数字贸易国际规则的变化趋势，积极将数字贸易规则纳入正在谈判和即将签署的多双边贸易协定，努力推动中国从全球数字贸易大国迈向全球数字贸易强国，助推中国全球价值链迈向中高端，推动中国贸易方式的数字化转型和中国数字贸易的高质量发展，以此提升出口复杂度。

责任编辑：刘雅君