

智能联接水平与高科技产品出口

何 康¹ 方显仓² 于 洋³

(1. 广西大学, 广西 南宁; 2. 华东师范大学, 上海 200062; 3. 山东财经大学, 山东 济南 250202)

摘 要: 智能联接是宽带、5G、云计算、物联网和人工智能的有机融合, 有力推动着一国从数字化向智能化的转型升级。本文利用华为公司发布的智能联接指数, 理论分析并实证检验了智能联接如何影响一国高科技产品出口这一核心问题。研究发现, 一国的智能联接水平对其高科技产品的出口规模和出口占比都有显著促进作用。这种作用通过降低高科技出口企业的交易成本和提升制造业与服务业融合程度等渠道来实现。分组讨论发现, 智能联接对起步者、领跑者和加速者的高科技产品出口规模和出口占比的促进作用依次减弱。智能联接可以显著提升互联网发展程度高的国家高科技产品出口占比和互联网发展程度低的国家高科技产品出口规模。随着分位数水平的上升, 智能联接对高科技出口规模和出口占比的回归系数分别呈现“M”型和“倒U”型特征。多种稳健性检验和内生性讨论证实上述结论可靠。

关键词: 智能联接; 高科技产品出口; 数字技术

中图分类号: F753

文献标识码: A

文章编号: 1006-1894 (2024) 01-0081-14

一、引言

高科技产品的出口规模及出口金额在货物贸易出口金额中的占比(下文简称“高科技产品的出口规模和出口占比”)是衡量一国出口质量的两个关键指标。随着中国产业结构优化升级, 出口产品的科技含量不断提高, 但与发达国家(地区)相比仍有较大提升空间。与此同时, 以阿里云、华为云为代表的一大批科技企业推动着中国数字技术快速发展, 数字技术通过赋能千行百业促进了实体经济数字化和智能化。这将对包括一国出口在内的各个方面带来显著影响。那么, 一国智能联接水平对一国高科技产品出口有什么影响? 其中的机制为何? 本文试图回答这些问题。

梳理与本文主题相关的文献, 发现已有研究聚焦探讨信息化和数字技术对企业生产率以及出口的影响。在影响企业生产率方面, 首先, 信息化和数字技术的发展显著提升制造业企业生产率。大量使用劳动力的传统低端制造业逐步被机器人等自动化设备替代, 不仅使生产效率大幅提高, 而且使生产流程得以重塑, 有效提升了

作者简介: 何康, 广西大学经济学院助理教授, 研究方向: 国际贸易、公司金融; 方显仓(通信作者), 华东师范大学国际金融研究所、华东师范大学经济与管理学院教授, 研究方向: 货币金融理论与政策; 于洋, 山东财经大学金融学院讲师, 研究方向: 计量经济学。

基金项目: 国家社科基金面上一般项目“人口老龄化与货币政策有效性研究”(项目编号: 20BJY243); 上海市社科规划一般课题“国际金融中心建设中的中国货币政策传导效力及其模式转型研究”(项目编号: 2019BJ006)。

投入产出效率 (Mikalef and Pateli, 2017; Goldfarb and Tucker, 2019; 程虹和袁璐雯, 2020)。其次, 信息化和数字技术推动制造业产业链往精细化方向发展, 增强了相关企业的核心竞争力。信息化和数字技术的发展使得供给和需求的快速精准匹配成为现实 (Pisano et al., 2015), 推动产业内分工更加精细化 (施炳展和李建桐, 2020), 极大延展了产品价值链的广度和深度, 提高了企业产品质量与创新能力 (张晴和于津平, 2020) 以及在收益分配中的话语权 (张艳萍等, 2021), 同时也促进了供应链协同效率和管理效率的提升 (王永龙等, 2020)。在信息化和数字技术影响企业出口方面, 首先, 一国大力发展信息基础设施建设和数字技术可为对外贸易发展提供坚实的底层技术支撑 (Vemuri and Siddiqi, 2009), 有效降低企业出口时的信息搜索成本和信息不对称程度 (Dana and Orlov, 2014; 岳云嵩和李兵, 2018)。企业信息化水平与一国信息基础设施发展作为一种新的比较优势, 显著增加了企业的出口意愿和出口收益 (李坤望等, 2015; Hagsten and Kotnik, 2017), 而处于价值链中信息化水平较高环节的企业也有更大的激励对外出口 (Hellmanzik and Schmitz, 2016; 刘军, 2019)。其次, 信息化和数字技术对企业出口产品的科技含量有显著加成效应。刘泽岩等 (2021) 发现一个城市的数字技术发展通过促进所在区域企业的产品创新, 显著提升了企业出口技术复杂度。余姗等 (2021) 发现, 相邻地区数字经济发展水平的溢出效应更大, 其对本地区出口技术复杂度的促进作用甚至超过了本地区数字经济的作用。随着近年来中国不断加大数字基础设施投入, 其对出口技术复杂度的积极作用也得到实证检验, 卓乘风和邓峰 (2018)、钞小静等 (2020) 均发现数字基础设施通过技术扩散效应显著促进对外贸易升级, 中国制造业出口规模和出口技术复杂度不断提高。

本文可能的边际贡献有: 一是摆脱了绝大多数文献只关注数字技术这一局部因素的研究思路, 尝试从智能联接这一全局性指标来考察高科技产品出口受到的影响以及程度, 有利于从整体上把握两者的关系; 二是首次采用华为技术有限公司 (简称“华为公司”) 发布的全球 75 个主要国家的智能联接指数作为衡量一国联接水平的代理变量, 这一指标体系涵盖了宽带、云计算、大数据、物联网等使能技术以及供给、需求、体验和潜力等多个维度, 具有很高的全面性和权威性, 研究结论也更具普适性。

二、理论分析与研究假说

本文认为智能联接可能通过降低高科技出口企业的交易成本和提升制造业与服务业融合程度两个渠道影响一国的高科技产品出口规模及出口占比。

首先, 智能联接有助于降低高科技产品出口企业的多种交易成本, 从而促进其出口规模及出口占比增加。(1) 在大数据、云计算等先进技术的支持下, 企业可以对已有大量数据和信息进行全面系统分析, 为后续生产经营制定更精准有效的解决方案, 同时也能够对供需信息做出更准确的实时研判, 并依托智能联接内嵌的再学

习能力进行风险评估和未来趋势预测,从而显著降低信息搜索成本和要素协调成本,最终使得企业生产成本降低。(2)智能联接作为宽带、云计算、物联网和人工智能等多种技术的结合产物,可以有效破解传统经济中的要素流通受阻等难题,智能联接的共享精神使得各种创新因子加速流动和集聚,高技术产品制造中的上下游之间、厂商与消费者之间的信息耦合程度明显提高,各行为主体借助智能联接实现了空间关联,摆脱了传统模式的地理局限,虚拟集聚的数据共享、技术转移等溢出效应显著降低了要素流动成本,最终使得企业产品的流通成本降低。(3)智能联接使得高科技产品出口企业获取贸易伙伴各类信息的能力显著增强,借助智能联接技术不仅能方便获取贸易伙伴的生产经营信息,为制定合作合同提供有效支持,也可以更有效地动态监督合同履行中的可能道德风险事件。即使某一贸易伙伴出现了违约,也可以利用智能联接赋予的更大选择范围快速地以较低成本寻找到新的替代者,从而降低企业的合约成本。据此,本文提出假说1。

H1: 智能联接通过降低高科技产品企业的生产成本、要素流通成本以及合约成本等交易成本,促进了一国高科技产品出口规模及出口占比增加。

其次,智能联接加速了制造业与服务业的产业间融合,提高了高科技企业出口产品的技术复杂度,从而促进了出口增加。随着宽带、云计算、物联网和人工智能等多种技术的发展,制造业产业链的重构正加速推进,制造增值环节与服务增值环节加速融合,使得高科技企业出口产品的价值和竞争力显著提升。产业组织形态也发生深刻变革,网组企业和节点企业正加速融入以规则制定、系统集成以及模块化为主要特征的产业格局,其中规则制定者和系统集成商成为产业链的链主,模块供应商则着力打造“专精特新”核心能力。有多种技术加持的智能联接在不同行业之间“穿针引线”,淡化并消除了行业壁垒,“跨界融合”日益成为新的组织形式。嵌入高端制造业的服务要素因其技术创新能够显著改善投入要素的供给质量,并可为制造业企业提供售后维护、全套解决方案等服务产品,有利于摆脱加工制造环节的低端锁定,进而提升制造业价值链的攀升。反之,融入服务业的高端制造要素也可为服务业引入先进的生产方式和标准化流程,为服务业的持续进步和创新提供有力支持,从而促进服务业向高端发展。制造业和服务业的融合发展推动了要素在不同行业间加速流动,引致高端制造业与现代服务业的“共振”协同进步。据此,本文提出假说2。

H2: 智能联接通过提高制造业和服务业的融合程度,提升了高科技企业产品的出口技术复杂度,进而促进了一国高科技产品出口规模及出口占比增加。

三、实证结果与分析

(一) 指标选取与数据来源

因变量为一国高科技产品出口,主要从高科技产品出口金额和出口占比两个维度进行衡量。参照世界银行的定义,高科技产品是指具有高研发强度的产品,主要

包括航空航天、计算机、医药、科学仪器、电气机械等。数据来自联合国商品贸易统计数据库。金额为一国以美元计的高科技产品出口金额，出口占比为一国高科技产品出口金额与全部货物出口金额的比值。数据跨度为2015~2020年。自变量为一国智能联接水平，用一国智能联接指数（GCI）衡量。数据来自华为公司发布的《全球联接指数报告》。该报告横向对比分析了主要国家的宽带、云计算、物联网和人工智能等四大使能技术的相对优劣势，同时从供给、需求、体验和潜力等4个维度进行纵向分析，构建了一套全面、丰富、完整的指标体系。智能联接指数的分项指标采用10分制（1分最低，10分最高），将各指标实际分值与2025年目标值进行对比，若等于目标值则得10分。目标值根据GCI得分最高国家的市场渗透率预测、历史市场表现以及同领域专家调研推断而来。根据目标值的实际情况，将原始数据进行标准化，得出各国各项指标的分数；然后将各项指标分数汇总，得出供给、需求、体验和潜力等维度的得分（10~100分，10分为最低，100分为最高）；最后将4个维度的分数相加取平均值，得到GCI总分，即GCI总分=（供给+需求+体验+潜力）/4。

中介变量为高科技产品出口企业的交易成本（*ef*）和制造业与服务业融合程度（*idl*）。参考毛其淋和盛斌（2012）、杜传忠和管海锋（2021）的处理思路，选取经济自由度作为交易成本（*ef*）的反向指标，即经济自由度越高，交易成本越低，数据来自美国传统遗产基金会（The Heritage Foundation）。借鉴李蕾和刘荣增（2022）的方法，利用世界银行发布的各国制造业增加值和服务业增加值数据，标准化处理后对各国产业融合程度进行测度。控制变量主要包括一国研发支出、人力资源、自然资源、基础设施、营商环境等多个维度，具体见表1。

表1 控制变量说明

变量名称	英文符号	定义	数据来源
研发支出	<i>rd</i>	一国研发支出金额占GDP的百分比	世界银行
自然资源	<i>res</i>	一国自然资源租金总额占GDP的百分比。自然资源租金总额是石油租金、天然气租金、煤炭（硬煤和软煤）租金、矿产租金和森林租金之和	世界银行
人力资源	<i>edu</i>	一国高等院校入学人数占总人数的百分比	世界银行
人口结构	<i>pyp</i>	一国15~64岁人口占总人口的百分比	世界银行
税率	<i>tax</i>	总税率占商业利润的百分比	世界银行
贷款成本	<i>load</i>	贷款利率。指一国商业银行在贷款上向主要客户收取的利率	世界银行
基础设施	<i>inf</i>	通电率。指一国享有通电人口的百分比	世界银行
营商环境	<i>bus</i>	创办企业所需时间。指完成合法经营企业所需程序的日数	世界银行
科技发展	<i>sci</i>	非居民专利申请。指在世界范围通过《专利合作条约》程序或向国家专利部门提交的专利申请	世界银行
经济发展	<i>gdpr</i>	人均GDP增长率	世界银行

（二）变量描述性统计

表2的统计表明，高科技产品出口金额（自然对数）的均值为22.00，中位数为22.27，标准差为2.833；高科技产品出口占比的均值为9.17%，但中位数仅为5.2%，标准差高达0.114。这两组数据反映不同国家高科技产品出口不论是出口规模还是出口占比都存在较大差异，甚至对一半样本来说其高科技产品出口占比远低于

平均水平，说明不少国家的产品出口中科技含量很低。智能联接指数的均值为 48.98，中位数为 46，与均值较为接近，标准差为 15.89，表明不同国家的智能联接水平有较大差别。以 2020 年数据为例，美国的智能联接水平最高，得分为 87 分，高出得分最低的埃塞俄比亚（得分为 23 分）64 分。从分组情况来看，领跑者的平均得分较上年上升了 1.8 分，达到 73.8 分；加速者的平均得分只上升了 1.2 分，为 50.7 分，表明两者差距还在进一步扩大。以乌拉圭为代表的起步者的平均得分只有 32.3 分。虽然加速者整体得分与领跑者差距还很大，但阿联酋、中国和西班牙正在加速追赶。2015~2020 年，加速者智能联接得分的复合年增长率为 4.58%，高于领跑者的 3.38%，低于起步者的 4.95%。

（三）模型设定

为考察一国智能联接水平如何影响高科技产品出口规模，设定模型（1）和模型（2）如下：

$$\ln htg_{it} = \alpha + \beta_1 gci_{it} + \beta_2 controls + year + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

$$pro_htg_{it} = \alpha + \beta_1 gci_{it} + \beta_2 controls + year + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

$\ln htg_{it}$ 代表各国每年高科技产品出口金额的自然对数， pro_htg_{it} 代表各国每年高科技产品出口金额占货物出口金额的比例。 gci_{it} 代表各国智能联接得分，包括总得分、3 项使能技术（宽带、云计算和物联网）得分，分别记为 gci_bb_{it} 、 gci_cc_{it} 和 gci_iot_{it} 。 $controls$ 代表所有的控制变量。 $year$ 代表年份固定效应， ε_{it} 代表随机误差项。

为了检验智能联接影响高科技产品出口的作用机制是否存在，构建实证模型如下：

$$eflidl_{it} = \alpha + \beta_1 gci_{it} + \beta_2 controls + year + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

$$\ln htg_{it} / pro_htg_{it} = \alpha + \beta_1 eflidl_{it} + \beta_2 controls + year + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

$$\ln htg_{it} / pro_htg_{it} = \alpha + \beta_1 gci_{it} + \beta_2 eflidl_{it} + \beta_3 controls + year + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

$eflidl$ 分别代表高科技出口企业的交易成本和制造业与服务业融合程度，式（3）检验智能联接是否影响了高科技出口企业的交易成本或制造业与服务业融合程度，式（4）检验交易成本或融合程度是否影响了高科技产品出口，式（5）将智能联接和中介变量均加入模型。

（四）实证结果与解释

1. 基准回归

利用模型（1）和模型（2）考察智能联接对一国高科技产品出口规模和出口占

表 2 变量描述性统计

变量	样本量	均值	中位值	标准差
$\ln htg$	340	22.00	22.27	2.833
pro_htg	339	0.0917	0.0520	0.114
gci	358	48.98	46	15.89
gci_bb	358	57.72	59.50	20.07
gci_cc	358	46.38	44	13.19
gci_iot	358	35.14	30	13.61
ef	358	66.23	66	9.570
idl	358	0.1551	0.1110	0.1557
rd	323	1.288	0.994	0.972
edu	336	59.34	63.19	27.13
pyp	358	65.71	65.49	4.920
res	358	3.456	1.226	6.351
tax	358	41.29	39.25	17.31
$load$	358	5.612	3.538	8.346
inf	358	94.45	100	13.85
$\ln bus$	358	2.417	2.407	0.940
$gdpr$	358	0.616	1.340	3.903
$\ln sci$	358	6.350	6.356	3.081

比的影响，结果见表3。列（1）和列（2）的因变量为高科技产品出口金额的自然对数，列（3）和列（4）的因变量为高科技产品出口金额占货物出口总额的比值。列（2）结果显示，在尽可能控制了影响高科技产品出口的相关变量后，智能联接仍在1%显著性水平上正向作用于高科技产品出口规模。智能联接得分每提升1分，会使得高科技产品出口规模相应增长6.47%。列（4）结果显示，智能联接同样在1%显著性水平上正向作用于高科技产品出口占比。智能联接得分每提升1分，会使得高科技产品出口占比相应提高0.15%。这一结果表明，一国的智能联接水平不论是对高科技产品的出口规模还是出口占比都有显著促进作用。

表3 智能联接对高科技产品出口规模和出口占比的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>lnhtg</i>	<i>lnhtg</i>	<i>pro_htg</i>	<i>pro_htg</i>
<i>gci</i>	0.1152*** (0.0069)	0.0647*** (0.0180)	0.0019*** (0.0004)	0.0015*** (0.0004)
<i>rd</i>		0.3600** (0.1817)		0.0077 (0.0135)
<i>edu</i>		0.0152*** (0.0055)		0.0014*** (0.0003)
<i>pyp</i>		0.1688*** (0.0359)		0.0116*** (0.0025)
<i>res</i>		-0.1268*** (0.0228)		-0.0043*** (0.0009)
<i>tax</i>		0.0233 (0.0170)		0.0010 (0.0013)
<i>load</i>		-0.0657*** (0.0133)		-0.0031*** (0.0011)
<i>inf</i>		0.0379*** (0.0134)		0.0005 (0.0007)
<i>lnbus</i>		-0.5213*** (0.1245)		-0.0127 (0.0097)
<i>gdpr</i>		0.1469*** (0.0358)		0.0076** (0.0038)
<i>lnsci</i>		0.2770*** (0.0331)		0.0068*** (0.0025)
<i>_cons</i>	16.5778*** (0.5088)	0.8298 (2.0814)	-0.0010 (0.0228)	-0.8324*** (0.1188)
<i>N</i>	340	305	339	304
<i>R²</i>	0.4257	0.7200	0.0701	0.3429
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
<i>F</i> 统计量 (<i>P</i> 值)	51.25 (0.000)	66.60 (0.000)	5.21 (0.000)	20.15 (0.000)

注：括号内为稳健标准误，*、**和***分别表示在10%、5%和1%的显著性水平。下表同。

在控制变量中，研发支出、人力资源、人口结构、税率、经济发展以及科技水平均显著正向作用于高科技产品出口规模和出口占比，表明提高研发支出占比、提高高等学校入学率、中青年人口多、经济发展快以及整体科技发展水平高都将显著提升高科技产品出口规模和出口占比。当一国自然资源越丰富时，高科技产品出口

规模和出口占比反而越低,这或许与“资源诅咒”有关,毕竟投入大量人力物力研发生产高科技产品比售卖自然资源要困难得多。贷款利率越高对高科技企业的负面影响也显著,因为多数高科技产品的研发周期长、所需资金大,依靠企业自身积累较困难,同时很多高科技企业的无形资产占比较高,可以用于抵押的资产有限,这些因素都使得高科技企业面临更严重的信贷约束。

智能联接由多个使能技术支撑,这些不同的使能技术对一国高科技产品出口的影响如何?为此,利用模型(1)和模型(2)分别考察了宽带、云计算和物联网等使能技术对一国高科技产品出口规模和出口占比的影响,结果见表4。列(1)和列(4)表明,宽带对一国高科技产品出口规模和出口占比均有显著正向影响,宽带得分每提高1分,会使出口规模和出口占比相应提高4.2%和0.11%。云计算对高科技产品出口规模有显著正向影响,云计算得分每提高1分,将使得高科技产品出口规模提高3.67%。物联网虽对高科技产品出口规模和出口占比均有正向影响,但不显著。这一结果表明,宽带作为一项应用最广泛的使能技术,对高科技产品生产和出口的影响最明显;云计算和物联网作为延伸技术,对高科技产品生产和出口的影响还需观察。

表4 使能技术对高科技产品出口规模和出口占比的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	$\ln htg$	$\ln htg$	$\ln htg$	pro_htg	pro_htg	pro_htg
gci_bb	0.0420*** (0.0099)			0.0011* (0.0006)		
gci_cc		0.0367*** (0.0096)			0.0003 (0.0006)	
gci_iot			0.0201 (0.0135)			0.0001 (0.0008)
$controls$	Y	Y	Y	Y	Y	Y
N	305	305	305	304	304	304
R^2	67.98	0.7103	0.7003	0.3428	0.3381	0.3375
年度	控制	控制	控制	控制	控制	控制

2. 稳健性检验^①

(1) 替换因变量

为了检验上述基本结论的可靠性,本文对因变量进行替换,用新指标重新测算一国出口的科技含量,计算公式为 $pro_htg2_{it} = (\frac{htg_{it}}{tg_{it}}) / (\frac{htg_{wt}}{tg_{wt}})$ 。其中, htg_{wt} 为各国高科技产品出口总额, tg_{wt} 为各国货物出口总额。新指标可以较准确地反映一国高科技产品出口在世界上的份额和相对地位。当指标大于1时,表明该国高科技产品出口竞争力比世界平均水平高,则认为该国高科技产品出口科技含量高。当这一指标小于1时,

^① 限于篇幅,稳健性检验结果未列出,作者备索。

表明该国高科技产品出口竞争力比世界平均水平低，则认为该国出口科技含量低。结果表明，替换为新的因变量后，智能联接水平对其影响仍然显著。分组考察发现，智能联接对高科技产品出口竞争力强的国家的影响程度要远远高于出口竞争力弱的国家。

（2）剔除特殊样本

考虑到原有样本中既有美国、瑞士、瑞典等智能联接程度很高的国家，也有巴基斯坦、埃塞俄比亚、孟加拉等智能联接程度很低的国家，这些极端值会导致实证结果出现偏误，本文将处于智能联接程度两端的样本剔除，重新考察智能联接对一国高科技产品出口规模和出口占比的影响。结果显示，在尽可能控制了影响高科技产品出口的相关变量后，智能联接仍在1%显著性水平上正向作用于高科技产品出口规模。智能联接得分每提升1分，会使得高科技产品出口规模相应增长6.93%，与全样本相比有所提高。结果显示，智能联接在5%显著性水平上正向作用于高科技产品出口占比。智能联接得分每提升1分，会使得高科技产品出口占比相应提高0.13%。这一结果表明，剔除处于两端的特殊样本后，一国的智能联接水平不论是对高科技产品的出口规模还是出口占比仍有显著促进作用。

3. 内生性讨论

虽然本文已控制了多个可能影响高科技产品出口的变量，并对时间固定效应进行了控制，但还是可能存在内生性问题。高科技产品出口规模和出口占比越高的国家，可能在科研投入、数字技术等方面更领先，具有更高的智能联接水平，因此可能存在反向因果问题。此外，遗漏变量和选择偏差也不容忽视。为此，本文通过寻找仅与智能联接有内在联系而与高科技产品出口没有直接联系的外生变量作为工具变量来尽量解决这些问题。参考现有文献，选取了两个工具变量：（1）各国每年度的移动手机用户数量（每百人），记为*mcs*；（2）各国每年度智能联接水平的滞后一期，记为*L.gci*。两阶段最小二乘法

回归的结果见表5。表中列（1）的第一阶段回归结果表明，工具变量*mcs*的估计系数在1%水平上显著为正，说明一国移动手机用户越多，意味着该国智能联接水平越高。同时工具变量*L.gci*的估计系数也在1%水平上显著为正。列（2）和列（3）的第二阶段回归结果表明，智能联接水平对高科技产品出口规模和出口占比的回归系数均显著为正，说明在考虑了内

表5 IV-2SLS 回归结果

变量	（1）	（2）	（3）
	第一阶段	第二阶段	
	<i>gci</i>	<i>lnhtg</i>	<i>pro_htg</i>
<i>gci</i>		0.0627*** (0.0228)	0.0026* (0.0014)
<i>mcs</i>	0.0020*** (0.0004)		
<i>L.gci</i>	0.8761*** (0.0333)		
<i>controls</i>	Y	Y	Y
<i>N</i>	241	241	240
年度	控制	控制	控制
<i>F</i> 统计量	632.13		
弱工具变量检验：C-D W F 统计量		346.25	329.48
Stock-Yogo 弱工具变量检验临界值		22.30	22.30
过度识别检验：Sargan 统计量（ <i>P</i> 值）		0.675(0.714)	0.724(0.707)

生性问题后，上文研究结论仍然可靠。

4. 作用机制检验

利用模型（3）~ 模型（5）对理论分析中两种可能的作用机制进行检验，其中交易成本机制的检验结果见表 6。表中列（1）的回归结果表明，智能联接显著降低了高科技出口企业的交易成本（*ef* 为交易成本的反向指标）；列（2）的结果表明交易成本下降可以显著提高

高科技产品出口规模；列（3）结果表明在加入智能联接和中介变量后，智能联接对高科技产品出口规模的回归系数较表 3 列（2）的结果有所下降，且显著性水平由 1% 降为 10%；列（4）的结果表明交易成本下降可以显著提高高科技产品出口占比；列（5）的结果表明在加入智能联接和中介变量后，智能联接对高科技产品出口规模的回归系数较表 3 列（4）的结果大幅下降，且显著性水平由 1% 降为不显著。

表 7 汇报了促进融合机制的检验结果。表中列（1）的回归结果表明，智能联接显著提高了制造业和服务业的融合程度；列（2）的结果表明融合程度上升可以显著提高高科技产品出口规模；列（3）结果表明在加入智能联接和中介变量后，智能联接对高科技产品出口规模的回归系数较表 3 列（2）的结果有所下降；列（4）的结果表明融

合程度上升可以显著提高高科技产品出口占比；列（5）的结果表明在加入智能联接和中介变量后，智能联接对高科技产品出口规模的回归系数较表 3 列（4）的结果大幅下降，且显著性水平由 1% 降为 10%。总结来说，智能联接确实通过提升制造业和服务业融合程度这一渠道，最终使得一国高科技产品出口规模和出口占比提高。表 6 和表 7 均表明，智能联接确实通过降低高科技出口企业的交易成本这一渠道，最终使得一国高科技产品出口规模增加和出口占比提高。

表 6 交易成本机制检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>ef</i>	<i>lnhtg</i>	<i>lnhtg</i>	<i>pro_htg</i>	<i>pro_htg</i>
<i>gci</i>	0.4776*** (0.0385)		0.0444* (0.0233)		0.0003 (0.0011)
<i>ef</i>		0.0225** (0.0094)	0.0206*** (0.0014)	0.0027** (0.0012)	0.0025* (0.0014)
<i>controls</i>	Y	Y	Y	Y	Y
<i>N</i>	315	305	305	304	304
<i>R</i> ²	0.7712	0.6998	0.7213	0.3522	0.3524
年度	控制	控制	控制	控制	控制

表 7 促进融合机制检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>idl</i>	<i>lnhtg</i>	<i>lnhtg</i>	<i>pro_htg</i>	<i>pro_htg</i>
<i>gci</i>	0.0036*** (0.0011)		0.0519*** (0.0176)		0.0008* (0.0004)
<i>idl</i>		4.1207*** (0.8582)	3.4907*** (0.8944)	0.0578* (0.0304)	0.0797* (0.0419)
<i>controls</i>	Y	Y	Y	Y	Y
<i>N</i>	315	305	305	304	304
<i>R</i> ²	0.6252	0.7251	0.7388	0.3398	0.3474
年度	控制	控制	控制	控制	控制

四、拓展讨论

（一）按智能联接发展阶段分类

样本国家的智能联接水平差异较大。有以美国、新加坡、日本为代表的领跑者，也有以中国、西班牙、俄罗斯为代表的大批加速者，而以印度、菲律宾为代表的起步者也不在少数。总体来看，领跑者多为发达国家，聚焦如何提升信息和计算机技

术（ICT）用户体验，利用大数据和物联网技术建设更高效智能的社会。加速者得益于 ICT 基础设施投资的快速增加，聚焦刺激国民对高速联接的需求，推动行业数字化转型和经济增长。起步者则处于 ICT 基础设施建设的初级阶段，聚焦扩大联接范围，让更多国民融入数字经济。为此，本文对 3 组样本进行重新回归，以考察智能联接水平对一国高科技产品出口的差异化影响，结果如表 8 所示。

表 8 不同智能联接发展阶段下智能联接与高科技产品出口的关系

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	lnhtg	lnhtg	lnhtg	pro_htg	pro_htg	pro_htg
	领跑者	加速者	起步者	领跑者	加速者	起步者
<i>gci</i>	0.0692*** (0.0222)	0.0147*** (0.0029)	0.3713*** (0.0819)	0.0034** (0.0013)	0.0028*** (0.0008)	0.0237** (0.0088)
<i>rd</i>	-0.0165 (0.2259)	1.2067*** (0.2553)	-3.3896*** (1.0232)	-0.0002 (0.0121)	0.0608*** (0.0179)	-0.2384** (0.0934)
<i>edu</i>	0.0174 (0.0142)	-0.0324*** (0.0056)	-0.0624*** (0.0208)	0.0003 (0.0006)	-0.0020*** (0.0004)	-0.0043*** (0.0015)
<i>pyp</i>	0.1475*** (0.0477)	0.0514 (0.1066)	0.3456** (0.1464)	0.0154*** (0.0027)	-0.0008 (0.0051)	0.0051 (0.0117)
<i>res</i>	-0.3189*** (0.0944)	-0.1150*** (0.0277)	-0.2214*** (0.0546)	-0.0172*** (0.0045)	-0.0017 (0.0012)	-0.0111*** (0.0038)
<i>tax</i>	0.0374** (0.0101)	0.0150 (0.0095)	0.0110 (0.0207)	0.0020*** (0.0006)	0.0002 (0.0004)	0.0035** (0.0016)
<i>load</i>	-0.2540** (0.1085)	-0.0681*** (0.0146)	-0.0704** (0.0338)	-0.0090** (0.0044)	-0.0023** (0.0011)	-0.0090** (0.0042)
<i>inf</i>	0.1732*** (0.0257)	0.1973*** (0.0485)	-0.0489** (0.0208)	0.0027** (0.0013)	0.0084*** (0.0027)	0.0004 (0.0017)
<i>lnbus</i>	0.4979 (0.3031)	0.5621*** (0.1430)	-0.1715 (0.5088)	0.0002 (0.0112)	0.0124 (0.0150)	0.1014 (0.0681)
<i>gdpr</i>	0.0130 (0.0980)	0.0556 (0.0467)	0.2167*** (0.0634)	0.0024 (0.0043)	0.0106*** (0.0037)	0.0088 (0.0077)
<i>lnsci</i>	0.3045*** (0.0418)	0.3052*** (0.0814)	0.3121* (0.1600)	0.0042 (0.0026)	0.0138*** (0.0041)	-0.0049 (0.0121)
<i>_cons</i>	4.0703 (3.7546)	-4.0959 (4.5494)	-7.5898 (7.3391)	-1.2467*** (0.2048)	-0.6459 (0.4019)	-1.1891** (0.5033)
<i>N</i>	105	131	69	105	131	68
<i>R²</i>	0.5711	0.7930	0.8333	0.5561	0.5274	0.4772
年度	控制	控制	控制	控制	控制	控制
<i>F</i> 统计量	12.52	47.98	22.03	8.00	10.44	20.04

由表 8 列（1）~ 列（3）回归结果可知，智能联接对高科技产品出口规模的影响在 3 组样本中有很大的差异。智能联接对起步者的高科技产品出口规模的促进作用最明显，对领跑者的促进作用次之，对加速者的促进作用最弱。具体来说，当智能联接得分上升 1 分时，起步者的高科技产品出口规模将大幅增加 37.13%，领跑者增加 6.92%，而加速者只增加 1.47%。列（4）~ 列（6）的结果也表现出相同特征，智能联接对起步者高科技产品出口占比的正向影响最强，领跑者次之，加速者最弱。具体地，当智能联接得分上升 1 分时，起步者的高科技产品出口占比将相应提高 2.37%，

领跑者的相应占比提高 0.34%，而加速者的相应占比只提高了 0.28%。出现这种现象的原因主要如下。一是起步者由于高科技产品出口基数小，因此智能联接的促进效果十分明显，体现出显著的后发优势。二是领跑者的高科技产业实力很强，出口规模和出口占比一直很高，因此智能联接对高科技产品出口的边际效应没有起步者明显。以 2020 年为例，排名在后 20 位国家的高科技产品出口金额均值为 39.1 亿美元，出口占比为 4.8%。而与之对比的是，领跑者国家的高科技产品出口金额均值为 10,107.5 亿美元，出口占比达 11.3%。三是加速者国家分化严重，拖累了智能联接对高科技产品出口的平均效果。2020 年中国高科技产品出口金额为 7,576.8 亿美元，出口占比为 30.3%，而该组其他国家高科技产品出口金额的均值只有 141.5 亿美元，出口占比均值为 9.8%。中国被加速者中的其他国家“平均”了。

(二) 按互联网发展程度分类

互联网发展让世界的联系愈发紧密，但不同国家经济发展水平、科技实力存在差异，使得国家间的互联网发展程度参差不齐。智能联接水平与高科技产品出口的关系在不同互联网发展程度下可能有所差异。为此，本文将样本国家划分为互联网发展程度高和发展程度低两组，划分依据是当某国安全互联网服务器（每百万人）数量高于当年世界平均水平时，则归于互联网发展程度高的一组，反之则归于发展程度低的一组。回归结果（表 9）显示，对于互联网发展程度高的国家，智能联接水平提高可以显著提升其高科技产品出口占比；对于互联网发展程度低的国家，智能联接水平提高可以显著提高其高科技产品出口规模。

表 9 不同互联网发展程度下智能联接水平与高科技产品出口的关系

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	互联网发展程度高	互联网发展程度低	互联网发展程度高	互联网发展程度低
	lnhtg	pro_htg	lnhtg	pro_htg
<i>gci</i>	0.0301 (0.0203)	0.0027*** (0.0009)	0.1231*** (0.0281)	0.0023 (0.0014)
<i>controls</i>	Y	Y	Y	Y
<i>N</i>	111	111	194	193
<i>R</i> ²	0.6040	0.5746	0.7484	0.3632
年度	控制	控制	控制	控制

(三) 分位数回归

线性回归基于条件概率函数可以估计出智能联接对高科技产品出口的平均效应，但可能无法反映其中隐含的其他信息，比如在不同的分位数上，智能联接的作用极有可能存在较大差异。为此，本文采用分位数回归做进一步探讨。

从表 10 的前几行以及图 1-a 可以看出，以 lnhtg 为因变量时，随着分位数水平的上升，智能联接的系数呈现“M”型特征，在 20 和 90 两个分位数水平上系数达到极大值；在 20~90 分位数之间呈现“U”型特征，这一结果表明在智能联接水平处于较低和较高水平时，对一国高科技产品出口规模的促进作用更明显，而当智能联接水平处于中间水平时，对一国高科技产品出口规模的促进作用减弱，约在 60 分位数水平上时最弱。从表 10 的中间几行以及图 1-b 可以看出，以 pro_htg 为因变量时，随着分位数水平的上升，智能联接的系数呈现“倒 U”型特征，约在 75 分位数水平

上系数达到峰值。这一结果表明随着智能联接水平的提升，其对一国高科技产品出口占比的促进作用先增加后下降。这意味着，加速者和起步者的大多数国家智能联接还处于较低水平，此时通过加大 ICT 投入有效提升智能联接水平，可以显著提高高科技产品出口占比，从而增强本国产品的出口竞争力。从表 10 的后几行以及图 1-c 可以看出，以 *pro_htg2* 为因变量时，特征与以 *pro_htg* 为因变量时基本一致。

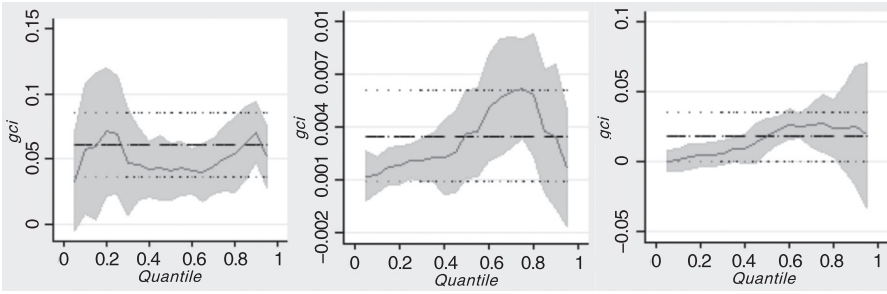


图 1-a

图 1-b

图 1-c

表 10 分位数回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	OLS	QR_10	QR_25	QR_50	QR_75	QR_90
	<i>lnhtg</i>	<i>lnhtg</i>	<i>lnhtg</i>	<i>lnhtg</i>	<i>lnhtg</i>	<i>lnhtg</i>
<i>gci</i>	0.0605*** (0.0125)	0.0580** (0.0261)	0.0688*** (0.0215)	0.0405*** (0.0134)	0.0505*** (0.0149)	0.0709*** (0.0158)
<i>controls</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<i>N</i>	305	305	305	305	305	305
<i>R</i> ²	0.6965	0.5128	0.5115	0.5379	0.5141	0.5015
	<i>pro_htg</i>	<i>pro_htg</i>	<i>pro_htg</i>	<i>pro_htg</i>	<i>pro_htg</i>	<i>pro_htg</i>
	<i>gci</i>	<i>gci</i>	<i>gci</i>	<i>gci</i>	<i>gci</i>	<i>gci</i>
	<i>pro_htg2</i>	<i>pro_htg2</i>	<i>pro_htg2</i>	<i>pro_htg2</i>	<i>pro_htg2</i>	<i>pro_htg2</i>
<i>gci</i>	0.0017* (0.0009)	0.0002 (0.0002)	0.0007** (0.0003)	0.0018** (0.0009)	0.0035*** (0.0012)	0.0016 (0.0029)
<i>controls</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<i>N</i>	304	304	304	304	304	304
<i>R</i> ²	0.2946	0.2509	0.2664	0.2633	0.3090	0.3331
<i>gci</i>	0.0179** (0.0088)	0.0015 (0.0020)	0.0052* (0.0028)	0.0190** (0.0077)	0.0276*** (0.0095)	0.0257 (0.0380)
<i>controls</i>	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<i>N</i>	304	304	304	304	304	304
<i>R</i> ²	0.2465	0.2236	0.2381	0.2412	0.2620	0.2622

注：限于表格空间，控制变量的回归结果未列出。

五、结论与启示

利用华为公司发布的各国智能联接指数，本文理论分析并实证检验了一国智能联接水平对其高科技产品出口的影响。（1）一国智能联接水平不论是对高科技产品的出口规模增加还是出口占比提升都有显著促进作用。智能联接得分每提升 1 分，一国高科技产品出口规模平均增加 6.47%，高科技产品出口占比平均相应提高

0.15%。(2) 智能联接通过降低高科技出口企业的交易成本和提升制造业与服务业融合程度等渠道,最终使一国高科技产品出口规模增加和出口占比提高。(3) 分组分析表明,智能联接对起步者、领跑者和加速者的高科技产品出口规模和出口占比的促进作用依次减弱;智能联接水平提高可以显著提升互联网发展程度高的国家高科技产品出口占比和互联网发展程度低的国家高科技产品出口规模;随着分位数水平的上升,智能联接对高科技出口规模和出口占比的回归系数分别呈现“M”型和“倒U”型特征,表明在智能联接水平处于较低和较高时,其对一国高科技产品出口规模的促进作用更明显,而对一国高科技产品出口占比的促进作用先增加后下降。

本文结论对中国的启示是,对于处于加速者地位的中国来说,智能联接水平与领跑者还有不少差距,提升空间巨大,通过加大 ICT 投入有效提升智能联接水平,可以显著提高高科技产品出口的国际竞争力。为此,提出以下政策建议。在宏观层面,政府应持续加大对 ICT 基础设施的投入和应用,降低企业创新门槛、提升企业效率、造福大众;出台鼓励现有公共基础设施共享政策,扩大宽带覆盖范围;制定激励计划,促进公共和私有实体之间基础设施协同的机会,为宽带部署创造协同效应;通过数字技能教育和培训提高就业者的数字技能;在制定培训计划时,要确保所有人群的参与机会,包括妇女、残疾人士、老龄化人口等;政府应该与教育机构、技术推动者、教育管理和劳工部门合作,确保数字资源获取的普遍性和易用性,同时有针对性地普及数字教育和提升劳动者的数字技能,培养面向未来的高素质人才。在微观层面,行业和企业应将 ICT 发展和当地优势产业相结合,快速推动产业升级,使重点行业向价值链上游转移;同时通过对云计算、大数据、物联网技术的政策倾斜和使能应用,激活创新与创业,提高国家重点行业和重点企业的竞争力;通过数字化高新园区的建设,为高新企业及创新企业提供优质的办公环境;促进创业并扶持新兴产业的发展;个人要积极拥抱 STEM(科学、技术、工程、数学)教育和编程等技能培训,从而具备更高的数字技能以适应 ICT 基础设施创造的新工作形态。

参考文献:

- [1] 钞小静,薛志欣等.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[J].经济科学,2020,(3).
- [2] 程虹,袁璐雯.机器人使用、工艺创新与质量改进——来自中国企业综合调查(CEGS)的经验证据[J].南方经济,2020,(1).
- [3] 杜传忠,管海锋.数字经济与我国制造业出口技术复杂度——基于中介效应与门槛效应的检验[J].南方经济,2021,(12).
- [4] 李坤望,邵文波等.信息化密度、信息基础设施与企业出口绩效:基于企业异质性的理论与实证分析[J].管理世界,2015,(4).
- [5] 李蕾,刘荣增.产业融合与制造业高质量发展:基于协同创新的中介效应[J].经济经纬,2022,39(2).
- [6] 刘军.出口强度、产品价值链与企业信息化水平:学习效应还是规模经济效应?[J].产业经济研究,2019,(2).
- [7] 刘泽岩,林汉川等.城市数字技术、创新异质性与“隐形冠军”企业出口产品技术复杂度[J].当代财经,

- 2021,(10).
- [8] 毛其淋,盛斌. 对外经济开放、区域市场整合与全要素生产率 [J]. 经济学 (季刊),2012,11(1).
- [9] 施炳展,李建桐. 互联网是否促进了分工: 来自中国制造业企业的证据 [J]. 管理世界,2020,36(4).
- [10] 王永龙,余娜等. 数字经济赋能制造业质量变革机理与效应——基于二元边际的理论与实证 [J]. 中国流通经济,2020,(12).
- [11] 岳云嵩,李兵. 电子商务平台应用与中国制造业企业出口绩效: 基于“阿里巴巴”大数据的经验研究 [J]. 中国工业经济,2018,(8).
- [12] 余姗,樊秀峰等. 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 [J]. 广东财经大学学报,2021,(2).
- [13] 张晴,于津平. 投入数字化与全球价值链高端攀升——来自中国制造业企业的微观证据 [J]. 经济评论,2020,(6).
- [14] 张艳萍,凌丹等. 数字经济是否促进中国制造业全球价值链升级? [J]. 科学学研究,2021,(12).
- [15] 卓乘风,邓峰. 基础设施投资与制造业贸易强国建设——基于出口规模和出口技术复杂度的双重视角 [J]. 国际贸易问题,2018,(11).
- [16] Dana,James D.,Orlov,Eugene.Internet Penetration and Capacity Utilization in the US Airline Industry[J]. Microeconomics,2014,(4).
- [17] Goldfarb,A.,Tucker,C.Digital Economics[J].Journal of Economic Literature,2019,57(1).
- [18] Hagsten,E.,Kotnik,P.ICT as Facilitator of Internationalisation in Small – and medium–sized Firms[J].Small Business Economics,2017,(2).
- [19] Hellmanzik,C.,Schmitz,M.Gravity and International Services Trade:The Impact of Virtual Proximity[J]. European Economic Review,2016,(77).
- [20] Mikalef,P.,Pateli,A.Information Technology-enabled Dynamic Capabilities and Their Indirect Effect on Competitive Performance: Findings from PIS-SEM and FsQCA[J].Journal of Business Research,2017,70(1).
- [21] Pisano,P.,Pironti,M.,et al.Identify Innovative Business Models:Can Innovative Business Models Enable Players to React to Ongoing Trends[J].Journal of Entrepreneurship Research,2015,5(3).
- [22] Vemuri,V. K.,Siddiqi,S.Impact of Commercialization of the Internet on International Trade:A Panel Study Using the Extended Gravity Model[J].The International Trade Journal,2009,(4).

Intelligent Connection Level and High-tech Product Export

HE Kang FANG Xiancang YU Yang

Abstract: Intelligent connection is the organic integration of broadband, 5G, cloud computing, Internet of things and artificial intelligence. It is the cornerstone of promoting a country from digitization to intelligence. This paper empirically analyzes the impact of Huawei's intelligent connection theory on the export of high-tech products. It is found that a country's intelligent connection level plays a significant role in promoting the export scale and proportion of its high-tech products. This effect is achieved by reducing the transaction costs of high-tech export enterprises and improving the integration of manufacturing and service industries. The group discussion found that the promotion effect of intelligent connection on the export scale and proportion of high-tech products of starters, leaders and accelerators decreased in turn. Smart connection can significantly increase the proportion of high-tech products exported by countries with high Internet development and the scale of high-tech products exported by countries with low Internet development. With the rise of quantile level, the regression coefficient of intelligent connection on the scale and proportion of high-tech exports presents the characteristics of "M" and "inverted U" respectively. A variety of robustness tests and endogenous discussion confirm that the above conclusions are reliable.

Keywords: intelligent connection; high-tech exports; digital technology

(责任编辑: 张建华)