

# 人工智能与企业出口扩张： 贸易革命的技术烙印

金祥义 张文菲

**摘要：**随着全球新一轮技术革命的发展，人工智能凭借智能处理和普遍适用的技术特征，逐渐融入中国对外贸易，成为中国新时期出口贸易竞争新优势的核心竞争力之一。对此，本文结合国际机器人联合会的机器人数据和中国企业出口数据，就人工智能发展对企业出口的影响展开系统分析。研究发现，人工智能发展促进了企业出口，并且这一作用对出口规模更大的企业更为明显。异质性分析表明，人工智能发展能够产生“机器代人”的现象，并推动技术红利替代人口红利，进而对不同企业出口带来异质性影响。同时，机制检验显示，用工成本节约效应和管理效率提升效应是人工智能作用于企业出口的重要渠道。此外，本文在考虑核心指标衡量方式、零贸易问题、城市经济体量和发展政策、行业样本选取等方面的问题，并通过安慰剂检验和工具变量回归的方式解决内生性问题后，发现人工智能对企业出口的促进作用稳健存在。本研究为支持中国人工智能领域的发展提供了有利的证据，并为培育中国企业出口增长新动能提供了有益的借鉴思路。

**关键词：**人工智能；企业出口；数字技术；“机器代人”；技术红利

[中图分类号] F752 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2022) 9-0070-18

## 引言

随着全球新一轮技术革命的发展，以人工智能、大数据、云计算等为代表的数字技术广受各国政府部门关注，使得数字技术发展成为各国未来战略布局的重要赛道，这推动了新时期全球贸易格局的演变，构筑了一国出口贸易发展的竞争新优势，并对一国全球价值链地位的提升产生了深远的影响（金祥义和张文菲，2022<sup>[1]</sup>；WTO，2018<sup>[2]</sup>）。其中，人工智能作为行业渗透性和应用性极强的一种前沿技术，近年来在各国经济发展中的地位越来越重要，以技术禀赋为核心优势的智

[收稿日期] 2022-03-21

[基金项目] 甘肃省哲学社会科学规划一般项目“甘肃省数字经济发展的对外经济效应研究”（2021YB008）；国家自然科学基金青年项目“数字金融驱动中国企业出口价值链升级的机制和政策研究”（72203083）

[作者信息] 金祥义：兰州大学经济学院副教授，电子信箱 nkjinxy@163.com；张文菲：兰州大学经济学院讲师

能应用对出口企业形成新赋能,为企业出口增长提供新的途径(Goldfarb and Trefler, 2018)<sup>[3]</sup>。事实上,我国一直高度关注人工智能这一前沿领域,国务院2017年颁布了《新一代人工智能发展规划》,将人工智能的发展提升到国家战略层面;党的十九大、十九届五中全会以及2021年《政府工作报告》中多次提及“人工智能与实体经济深度融合”“推动产业数字化智能化”。需要关注的是,我国人工智能与出口贸易在发展上具有同步性,综合国际机器人联合会公布的机器人数据和国家统计局公布的出口贸易数据可知,我国2000年机器人数量为930台,但至2019年后,我国机器人数量达到了782725台,是原来数量的将近842倍,增长速度惊人。同时,我国出口贸易总额也从2000年的2.06万亿元增加到2019年的17.23万亿元,年均增速高达11.83%。两者在增长方向上的趋同为我们提供了一个有趣的研究话题,即人工智能发展是否以及如何影响我国出口贸易变化?回答该问题不仅是践行国内国外双循环发展战略的重要一步,也是发展我国新时期对外开放经济的先行理论基础,更是寻求我国出口贸易发展新增长点的重要契机,因此具有理论和现实层面的双重意义。

近年来人工智能对贸易的影响引起了国内外学者的广泛关注,探讨人工智能对国际贸易发展格局的作用,成为现有研究的重大关切。Goldfarb和Trefler(2018)、Artuc等(2020)<sup>[4]</sup>较早关注到人工智能发展的贸易效应,分别从理论分析和实证检验层面验证了人工智能对出口增长的潜在效果,但相关研究仍以发达国家为出发点,主要集中在人工智能对西方发达国家贸易往来的影响,并未深入分析人工智能对发展中国家贸易格局演变的作用,对于人工智能如何改善这类国家的出口绩效更是语焉不详。而国内研究中,吕越等(2020)<sup>[5]</sup>、刘斌和潘彤(2020)<sup>[6]</sup>虽然关注到了人工智能对国际贸易的作用,但研究视角集中在价值链参与上,或是研究数据集中在国家宏观层面上,并未对人工智能与我国企业出口之间的潜在关系展开详细分析,该领域的研究仍处于起步阶段,因此相关研究的广度和深度有待进一步挖掘。需要注意的是,在数字时代,以人工智能为代表的数字技术正深刻影响着一国出口贸易的发展(WTO, 2018),我国在该方面的发展优势亦有所显现,如何把握这次数字技术革命浪潮,占领人工智能战略高地,将成为影响我国未来出口贸易发展的关键。

与现有文献相比,本文的研究贡献在于:第一,本研究以人工智能为核心切入点,较早关注到人工智能发展对我国企业出口贸易的作用。就现有研究而言,大多研究集中探讨了人工智能对西方发达国家贸易格局演变的影响,但以中国这一世界最大发展中国家为研究主角的文献还十分匮乏,本文研究能够为人工智能对发展中国家出口贸易的积极影响提供有利的证据,并能进一步拓展人工智能和国际贸易相关领域的研究外延。第二,本研究为探寻我国出口新增长点提供了新的研究思路。近年来中国作为世界工厂的人口红利优势正在逐步消失,大量外资撤离中国,选择在劳动力更为廉价的国家建厂,我国与劳动密集型行业相关的加工贸易正不断缩减,出口模式的转型迫在眉睫。中国数字经济发展的优势为人工智能产业注入了新的竞争活力,使得技术红利替代人口红利的出口转型模式开始崭露头角,本文研究

正是证明了这种红利转变的存在，这将为相关政府部门推动我国未来出口贸易发展提供富有政策意义的借鉴。

## 一、文献综述和理论剖析

### (一) 相关文献梳理

人工智能对国际贸易的影响研究属于技术影响贸易的一个研究分支，亦是国际贸易研究领域的一个前沿，具有丰厚的文献积淀和理论基础。在文献追溯上，技术决定国际贸易发展是重要的基石概念和主流思想，无论是早期亚当·斯密的绝对优势理论、李嘉图的比较优势理论、Krugman (1985)<sup>[7]</sup> 提出的技术差距贸易模型，还是近期发展的基于企业异质性的新新贸易理论 (Melitz, 2003<sup>[8]</sup>; Bernard et al., 2003<sup>[9]</sup>)，或是基于比较优势的多国多行业的贸易结构模型框架 (Eaton and Kortum, 2002)<sup>[10]</sup>，均从理论上强调了技术对贸易开展的重要作用，认为技术差异是各国贸易分工和贸易发展的重要动因，这为后续研究的开展奠定了坚实的理论基础。

聚焦于文献发展脉络，技术对国际贸易的影响大致涉及以下几个方面：其一，国家或行业层面技术差异与出口贸易。该类研究以早期理论为基础，并结合李嘉图比较优势理论，从国家层面阐述出口贸易的变化，核心观点是各国生产技术的差异导致了不同产品在生产成本上的差异，因此各国将出口具有成本比较优势的产品 (Eaton and Kortum, 2002; Dornbusch et al., 1977<sup>[11]</sup>)。在此基础上，一些学者将模型拓展至行业层面，分析了技术进步对行业出口贸易变化的影响，例如 Davis (1995)<sup>[12]</sup> 设定了两国—两行业—两要素的贸易比较优势模型，分析了不同行业技术差异所引致的贸易分工格局，以及产业内贸易产生的可能原因。其二，企业层面技术差异与出口贸易。21 世纪初，在新新贸易理论开创之后，大量文献着重研究企业层面技术差异对出口贸易的作用，以 Melitz (2003)、Bernard 等 (2003) 为主要代表，后续研究在此基础上放松了模型的约束假定，进一步研究企业视角下技术差异对出口贸易的作用 (Bernard et al., 2011<sup>[13]</sup>; Helpman et al., 2004<sup>[14]</sup>)。其三，技术内生性与出口贸易。以往文献认为技术差异是外生的，例如 Melitz (2003) 认为企业生产率是外生决定的，服从随机的 Pareto 分布，EK 模型认为外生的生产率服从 Frechet 分布。但企业生产率往往是由多方面内生因素决定的，这推动了后续研究对于技术内生化的处理，相关学者开始关注技术差异的内生变化，并着重分析技术内生性对出口变化和贸易利得的影响 (Lee, 2020)<sup>[15]</sup>。其四，人工智能与国际贸易。人工智能作为数字技术前沿的一种主要形式，对一国出口贸易开展和国际贸易分工具有重要作用，这也是对技术影响国际贸易主流思想的一种延伸。随着人工智能数据可得性的提高，人工智能发展的贸易效应开始受到各国学者的关注，例如 Artuc 等 (2020) 在一般均衡模型的框架下推导出人工智能对出口贸易发展的积极作用，并基于国家层面人工智能和贸易数据证实了上述观点。刘斌和

潘彤(2020)强调了人工智能发展对价值链分工的影响,发现人工智能发展能够通过降低贸易成本和改善资源配置等方式,推动一国价值链分工程度的提升。唐宜红和顾丽华(2022)<sup>[16]</sup>利用国家层面数据证实了人工智能对出口的积极作用。综上,人工智能的贸易效应是对技术影响贸易这一内涵的延伸,这与中国近年来人工智能蓬勃发展的大背景是息息相关的,但现有文献在人工智能与中国出口贸易发展上的探索还远远不够,这也为本文研究提供了突破空间。

## (二) 人工智能影响企业出口贸易的理论分析

人工智能是现代数字技术的发展前沿,作为推动经济增长的重要因素(杨光和侯钰,2020<sup>[17]</sup>; Aghion et al., 2018<sup>[18]</sup>),在行业技术应用上具有明显的头雁效应,能够对企业个体的生产和管理等方面产生不可忽视的作用,并通过改变企业内部生产投入结构和管理效率对其出口产生影响。具体而言,人工智能对企业出口的作用机制可以归纳为以下两方面。一方面,用工成本节约效应。人工智能的发展能够产生明显的“机器人”现象,这广泛存在于发达和发展中国家之中(孔高文等,2020<sup>[19]</sup>; Acemoglu and Restrepo, 2020<sup>[20]</sup>)。人工智能发展使得企业在生产环节中更多使用机器人,与传统人工劳动相比,人工智能在产品生产过程中的边际成本几乎为零,而且生产不受人工工作时间的限制,因此在人工智能应用下,企业能够通过资本替换劳动的要素调整方式促进资本要素积累和资本禀赋优势凸显(Acemoglu and Restrepo, 2018)<sup>[21]</sup>,并基于智能化生产模式的转变,减小原有生产过程中劳动要素的投入规模,进而对企业用工成本产生明显的节约效应(Frey and Osborne, 2017)<sup>[22]</sup>,这将降低企业的生产成本和企业出口面临的成本门槛,最终促进企业出口的发展(Melitz, 2003)。另一方面,管理效率提升效应。传统生产流程中,企业需要依赖人工进行不同生产流水线的衔接,但长时间的人工疲劳操作会带来出错率递增的问题,这导致企业需要投入更多的管理资源来提升管理效率。但这一困境在人工智能发展后能够得到有效缓解,企业在生产环节投入人工智能应用,能够极大发挥机器学习的优势。人工智能通过历史数据的学习来修正生产环节中的潜在出错路径,减少生产流程的衔接失误并降低生产过程中的人为出错率(刘斌和潘彤,2020),改善生产衔接过程的管理信息传递质量,进而形成良性的管理信息反馈循环(Agrawal et al., 2018)<sup>[23]</sup>,最终提高企业在生产过程中的整体管理效率。同时,管理效率的提升能够有效缓解企业不同生产环节所产生的衔接失误问题,减少相应的管理费用支出,起到了节约管理费用的作用。而管理效率对企业出口有重要的影响,管理效率高的企业能够根据内外部环境的变化预判未来出口市场的发展趋势,进而做出最优的出口决策,并且管理效率的提升能够进一步优化企业的生产结构,促进企业对生产目标和库存规模的准确定位和监控,增强企业的出口竞争优势,最终对企业出口产生积极作用(Bloom et al., 2021)<sup>[24]</sup>。综上所述,人工智能发展能够有效促进企业出口,并且用工成本节约和管理效率提升是其具体的作用机制。

## 二、研究方法 with 模型设定

### (一) 数据说明 and 处理

本文研究结合人工智能层面的机器人数据和企业层面的贸易和经营数据, 相关数据主要来源于国际机器人联合会的机器人数据库 (IFR 数据库) 和中国工业企业数据库。其中, IFR 数据库提供了世界上 100 个国家 (地区) 不同行业从 1993 年起的机器人使用情况, 以及各行业机器人的整体规模, 这一数据是人工智能领域的权威统计数据, 被国内外学者广泛用于人工智能相关的研究 (刘斌和潘彤, 2020; Artuc et al., 2020; 杨光和侯钰, 2020; Acemoglu and Restrepo, 2020; 孔高等, 2020; Graetz and Michaels, 2018<sup>[25]</sup>); 中国工业企业数据库提供了丰富的企业层面信息, 包括企业出口交货值、企业所属行业、企业名称等与企业生产经营相关的一系列指标。在上述数据库的合并处理上, 本文首先参考 Feenstra 等 (2014)<sup>[26]</sup> 的做法, 对工业企业数据库相关指标进行以下常规处理: 第一, 删除流动资产大于总资产的数据样本; 第二, 删除固定资产总值大于总资产的数据样本; 第三, 删除固定资产净值大于总资产的数据样本; 第四, 删除企业识别代码缺失的数据样本; 第五, 删除企业成立年份异样的样本。然后, 本文将 IFR 数据库提供的具体行业信息与我国国民经济行业分类 2 位码进行匹配, 并根据行业分类指标将上述两个数据库合并。最后, 本文根据相关研究变量的设定, 对存在缺失值的指标进行删除, 最终得到了 2000—2013 年的基础数据样本。

### (二) 计量模型 and 指标设定

本文参考 Acemoglu 和 Restrepo (2020)、Artuc 等 (2020) 对模型的设定方式, 构造以下计量回归模型:

$$\ln v_{it} = \alpha + \beta AI_{it} + \gamma Ctrl_{it} + \delta_i + \delta_k + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, 下标  $i$ 、 $k$  和  $t$  分别表示企业、2 分位行业和年份。 $\ln v_{it}$  表示企业  $i$  在  $t$  年的出口规模, 以企业出口交货值的对数衡量;  $AI_{it}$  为本文核心解释变量人工智能水平, 用  $k$  行业  $t$  年的人工智能密度表示, 以每千人拥有的工业机器人数量的对数来度量 (刘斌和潘彤, 2020; Acemoglu and Restrepo, 2020);  $Ctrl_{it}$  为回归方程中的相关控制变量, 主要包括以下几方面指标。(1) 企业生产率  $tfp$ , 根据 OP 方法计算, 由于数据样本中部分年份缺少关键指标工业增加值和中间投入值, 本文参考余森杰等 (2018)<sup>[27]</sup> 的做法计算上述缺失指标, 然后对企业生产率进行估计; (2) 企业规模  $size$ , 用企业总资产的对数形式来表示; (3) 企业年龄  $age$ , 以企业当年年份成立年份差值的对数表示; (4) 企业利润率  $profit$ , 以企业总利润与销售收入的比值进行度量; (5) 企业资本密集度  $klr$ , 用企业固定资产除以员工人数再取对数进行衡量; (6) 企业融资约束水平  $fr$ , 将企业利息支出与固定资产比值的对数形式作为企业面临的融资约束水平, 该指标越大, 表示企业面临的融资约束水平越低; (7) 垄断水平  $HHI$ , 采用赫芬达尔指数表示企业在行业中的垄断水平, 该指标越大, 表示垄断水平越高; (8) 国有企业  $soe$  和外资企业  $foe$ , 本文根据企业实收资本不同部分的组成比例, 将国有资本份额大于 0.5 的企业视为国有企业, 将

外资资本份额大于 0.5 的企业视为外资企业，以控制企业所有制形式对其出口的影响。最后，本文在计量回归方程中还加入了各类固定效应，包括企业固定效应  $\delta_i$ 、行业固定效应  $\delta_k$ 、年份固定效应  $\delta_t$ ，分别用以控制企业、行业、时间层面不可观测因素产生的影响。 $\varepsilon_{it}$  表示随机误差项。

### 三、基本实证结果与分析

#### (一) 基准回归

根据本文基准计量回归模型的设定，我们就人工智能对企业出口的作用展开分析，具体结果如表 1 所示。首先，第 (1) 列回归在加入各类固定效应后，仅考虑核心解释变量人工智能对企业出口的影响，结果显示，人工智能的系数在 1% 的水平上显著为正，初步表明人工智能发展对企业出口有明显的促进作用。其次，第 (2) 列进一步加入了企业生产率、企业规模、企业年龄这几个变量，可以发现，在控制三个变量的影响后，人工智能对企业出口依然保持正向作用，并且企业生产率、企业规模、企业年龄均对其出口有积极影响。再次，第 (3) 列考虑了企业利

表 1 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>AI</i>	0.0796*** (4.0498)	0.0772*** (4.1592)	0.0595*** (3.1944)	0.0593*** (3.1855)
<i>tfp</i>		0.4060*** (8.2295)	0.4381*** (6.4971)	0.4383*** (6.5037)
<i>size</i>		0.4294*** (4.6065)	0.4841*** (2.6986)	0.4845*** (2.7006)
<i>age</i>		0.1338*** (6.4085)	0.1097*** (5.3289)	0.1098*** (5.3357)
<i>profit</i>			-0.0340 (-0.2973)	-0.0336 (-0.2940)
<i>klr</i>			0.1179** (12.5442)	0.1180*** (12.5590)
<i>fr</i>			0.0139*** (2.6431)	0.0139*** (2.6318)
<i>HHI</i>				-0.0086 (-1.1700)
<i>soe</i>				-0.1038* (-1.7376)
<i>foe</i>				0.0040 (0.1309)
常数项	10.3648*** (24.7519)	2.3148*** (11.5861)	1.9747*** (9.5020)	1.9714*** (9.4896)
企业固定效应	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
N	362 641	362 641	362 641	362 641
R <sup>2</sup>	0.8999	0.9094	0.9101	0.9101

注：括号内数值为修正异方差后的 t 统计值；\*\*\*、\*\* 和 \* 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著性水平。下表同。

润率、企业资本密集度、企业融资约束这几个变量的作用，可见人工智能对企业出口影响的方向和显著性并未发生明显的变化，并且控制变量的结果显示，企业资本密集度越高、融资约束程度越小，出口规模越大。最后，第（4）列在此基础上加入了全部控制变量，结果表明，在考虑企业固定效应、行业固定效应、年份固定效应和其他可能影响因素后，人工智能发展能够显著扩大企业的出口规模，这一影响通过了1%水平上的显著性检验，从而较好证明了本文的核心论点，也支持了Artuc等（2020）的研究结论，即人工智能对出口贸易发展的作用正与日俱增，其未来产生的影响可能是颠覆性的，因此人工智能是出口贸易增长的一个关键影响因素。

### （二）无条件分位数回归

基准回归结果表明人工智能是促进企业出口的重要因素，但这一促进作用对于不同出口规模的企业是否存在差异？基准线性回归的结果评估的是人工智能对企业出口的平均影响，并不能有效测度人工智能对不同出口分位点上企业的具体作用，因此，为了进一步分析人工智能对不同出口规模企业的影响，我们采用无条件分位数回归的计量方式对该问题进行检验。无条件分位数回归除了能够较好地控制各类非观测固定效应，还能减少控制变量因分布结构差异对回归结果的潜在干扰，有效计算出每个分位点上的异质性作用，提高核心解释变量影响程度的测量精确性，因此该方法比传统条件分位数回归具有更好的评估效果（Firpo et al., 2009）<sup>[28]</sup>。回归结果汇报于表2中，可以发现，随着企业出口规模分位点的增加，人工智能对其影响和显著性不断增强，该结果意味着相对于出口规模较小企业而言，出口规模较大的企业受到人工智能发展的积极影响更大，原因可能在于，当企业出口规模较小时，人工生产相对于机器生产的效率损失还不明显，随着企业出口规模的不断扩大，两者之间的生产效率差距愈发明显，此时理性企业将更多采取人工智能的方式进行生产，人工智能对企业出口的促进作用就更加显著。

表2 无条件分位数回归结果

变量	10分位点	30分位点	50分位点	70分位点	90分位点
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
AI	0.0263 (0.7030)	0.0599** (2.0267)	0.0689*** (4.1180)	0.0757*** (4.1293)	0.0769*** (3.7532)
N	362 641	362 641	362 641	362 641	362 641
R <sup>2</sup>	0.8322	0.8362	0.8901	0.8973	0.9089

注：所有回归都加入了控制变量及常数项，并控制了企业、行业、年份固定效应。若无特殊说明，下表同。

### （三）样本异质性分析

需要注意的是，人工智能发展能够产生明显的“机器人”现象，若企业在人员流动和劳动力结构上存在差异，则人工智能发展对不同企业出口的作用应该有所不同，而不是单一的同质性影响。为了回答人工智能对企业出口是否存在异质性作用这一问题，本文采用不同的样本分类方式，对人工智能的潜在异质性作用进行

分析,有助于加深对人工智能与企业出口之间关系的理解,还能检验本文基准回归结果的稳健性。具体地,本文进行了以下几方面的异质性分析。

### 1. 企业所有制形式的差异

民营企业与非民营企业在劳动力性质和用工成本上具有较大差别,这可能导致“机器人”现象在民营企业中更为普遍,进而影响人工智能对企业出口的作用。例如,富士康这一民营企业在生产环节中就具有较高的自动化程度。为了进一步检验这一观点是否正确,我们根据样本中企业所有制形式的差异,将企业分为民营企业和非民营企业,当样本属于民营企业时,对变量 *Var* 赋值为 1,否则赋值为 0,具体回归结果如表 3 第 (1) 列所示。观察可知,回归中 *AI* 与 *Var* 交互项的系数显著为正,这表明相对于非民营企业,人工智能对民营企业出口的促进作用更强,这较好证明了前文的观点。民营企业平均面临更高的用工成本,在盈利目标驱动下,会根据内外部环境调整生产过程中不同要素的投入比重,同时人工智能生产的边际成本几乎为零,当人工智能得到广泛普及时,民营企业出于理性考虑将更多采用人工智能这种方式进行生产,这将替代原有生产过程中的劳动要素,最终人工智能发展的出口促进效应对民营企业来说就更为明显。

### 2. 人口红利的差异

人工智能对传统劳动力的替代还与我国人口红利的变化存在密切关系,我国经济发展步入 21 世纪以来,随着人口少子化和老龄化现象的出现,我国传统的人口红利优势正在不断减弱,这导致“机器人”的情况愈发普遍。蔡昉 (2010)<sup>[29]</sup> 根据人口分布数据研究发现,在 2010 年之后,我国人口结构不再朝着有利于生产的方向转变,人口红利优势开始减弱,刘易斯拐点开始显现。对此,为了检验在人口红利明显弱化后,人工智能应用对企业出口的影响是否更为显著,我们根据样本所属的时间段对数据进行分类,当样本属于 2010 年及之后的时间段时,对变量 *Var* 赋值为 1,否则赋值为 0,具体回归结果如表 3 第 (2) 列所示。结果显示,回归中交互项的系数在 1% 水平上显著为正,表明相对于人口红利优势较为明显的时间段,在人口红利优势日渐式微后,人工智能发展对企业出口的促进效应不断增强,这与上述观点一致,即人口红利优势弱化后,人工智能产生的技术红利将逐步替代人口红利,因此对企业出口的促进作用更大。

### 3. 企业所处地域的差异

人口红利部分的分析表明,劳动力丰裕程度会对人工智能发展的出口促进效应产生影响,当地区劳动力丰裕程度较低、人口红利优势较弱时,企业应该更多采用人工智能的生产方式,即“机器人”的现象更为明显,这可能会对企业出口的发展产生差异化作用。对此,我们根据企业所处地域将样本分为东部地区和中西部地区企业,进而检验人工智能发展的异质性作用是否存在。具体地,当企业处于东部地区时,对变量 *Var* 赋值为 1,否则赋值为 0,具体回归结果如表 3 第 (3) 列所示。可以发现,交互项的系数显著为负,这表明相对于中西部地区的企业,人工智能发展对东部地区的企业产生的出口促进作用更小,原因在于,东部地区人口密度



相对于中西部地区更大,使得东部地区更能发挥人口红利带来的生产优势,因此东部地区企业较少通过技术红利来替代人口红利,这导致人工智能发展对东部地区企业出口的影响相对更小。换言之,人工智能对中西部地区企业出口的促进作用更大。

#### 4. 行业技术密集度的差异

人工智能发展产生的“机器人”现象与行业劳动力结构和技术禀赋结构息息相关。若行业生产更依赖于新技术手段的应用,即行业技术密集度更高,行业内的出口企业将更倾向于用人工智能对传统劳动力进行替代。这会促进人工智能应用与行业技术禀赋的匹配,进而发挥技术禀赋的比较优势,增强人工智能的出口促进效应。为验证这一观点,我们参考周念利(2014)<sup>[30]</sup>对行业技术密集度的划分标准,将化学原料及化学制品制造业、医药制造业、化学纤维制造业、交通运输设备制造业、电气机械及器材制造业、通信设备计算机这几个行业视为技术密集型行业,其余行业视为非技术密集型行业,当企业属于技术密集型行业时,对变量  $Var$  赋值为1,否则赋值为0,具体回归结果如表3第(4)列所示。不难发现,回归中交互项的系数显著为正,表明相对于非技术密集型企业,人工智能对技术密集型企业的出口促进作用更大,较好支持了上述观点。由此可见,人工智能发展对技术密集型企业出口的积极影响较为显著,但对非技术密集型企业出口的作用还有待进一步发挥。

表3 异质性分析结果

变量	企业所有制	人口红利	企业所处地域	行业技术密集度
	(1)	(2)	(3)	(4)
$AI$	0.0422 ** (2.1131)	0.0599 *** (3.1625)	0.0971 ** (2.5133)	0.0406 * (1.9259)
$AI \times Var$	0.0602 ** (2.1011)	0.0177 *** (3.2620)	-0.0434 ** (-2.0697)	0.0733 *** (2.6313)
N	362 641	362 641	362 641	362 641
$R^2$	0.9101	0.9007	0.9125	0.9188

#### (四) 人工智能出口贸易效应的机制检验

在理论分析部分,本文指出人工智能发展会产生“机器人”的现象,进而产生明显的用工成本节约效应和管理效率提升效应,这两方面的作用可能是人工智能促进企业出口的关键机制。为了检验上述机制的真实性和存在性,本文对这两个效应展开深入分析,对人工智能作用进行机制检验。

一方面,在用工成本节约效应上,由于人工智能在生产环节的应用将替代部分劳动要素投入,这会减少企业的平均劳动报酬支出,并进一步加大企业对机器设备的投资力度,因此在用工成本节约效应作用下,人工智能发展能够降低企业平均劳动力成本,扩大企业固定资产投资的投资规模。为检验用工成本节约效应的存在性,本文构建了企业平均劳动力成本指标和固定资产投资规模指标,前者以企业应

付员工薪酬与员工人数比值的对数表示,后者以企业固定资产净值的对数表示。本文将上述变量作为被解释变量,对人工智能水平直接回归,具体结果汇报于表4第(1)列和第(2)列。其中,第(1)列为企业平均劳动力成本的回归结果;第(2)列为企业固定资产投资规模的回归结果。首先,第(1)列结果显示,在控制各类非观测的固定效应和其他影响因素后,人工智能的系数显著为负,这表明随着人工智能水平的提高,企业面临的平均劳动力成本逐渐下降,反映了企业生产过程中更多采用智能设备对传统劳动力进行替代,初步支持了用工成本节约效应的存在。其次,观察第(2)列的结果可以发现,人工智能的系数在1%水平上显著为正,这意味着人工智能发展能够显著促进企业对固定资产投资的投资,进一步证明了“机器代人”现象下的用工成本节约效应,较好支持了该机制的存在。

另一方面,在管理效率提升效应上,人工智能发展能够提高企业生产经营的管理效率,具体表现为企业的平均管理费用更低,即管理效率提高后,企业单位管理成本投入能够带来更高的产出效率。为了检验管理效率提升效应的存在性,本文构建了企业管理效率指标和平均管理成本指标。对于管理效率指标,本文参考孙浦阳等(2018)<sup>[31]</sup>的方式,利用计量回归方程估计企业管理效率水平,最终得到企业的管理效率指标,该指标越大,表示企业的管理效率越低。进一步,本文根据上述文献的做法,将各行业前10分位点上的企业管理效率数值作为该行业的管理效率前沿指标,然后用各企业管理效率除以该前沿指标,得到企业最终的管理效率水平。对于平均管理成本指标,本文以企业管理费用支出与员工人数比值的对数来衡量。我们将管理效率指标和平均管理成本指标作为被解释变量,对人工智能水平进行回归,具体结果汇报于表4第(3)列和第(4)列。其中,第(3)列是管理效率的回归结果;第(4)列是平均管理成本的回归结果。首先,由第(3)列可知,在控制其他各类影响因素后,人工智能的系数在1%水平上显著为负,表明人工智能发展能够有效提高企业的管理效率,初步证明了管理效率提升效应的存在。其次,第(4)列结果显示,人工智能发展对企业平均管理成本的影响显著为负,这意味着随着人工智能的发展,企业能够明显减少平均的管理费用支出,提高单位管理成本的产出效率。上述结果较好证明了人工智能发展能够产生管理效率的提升效应。综上,我们证明了理论部分人工智能作用于企业出口的具体机制,即用工成本节约效应和管理效率提升效应。

表4 作用机制检验

变量	用工成本节约效应		管理效率提升效应	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>AI</i>	-0.0188 ** (-2.3275)	0.9133 *** (8.5102)	-0.0969 *** (-3.5340)	-0.0367 *** (-4.1301)
<i>N</i>	362 641	362 641	362 392	362 392
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.9014	0.9894	0.2614	0.9385

## 四、进一步稳健性分析

### (一) 稳健性检验

第一,在核心指标衡量方式上,前文的分析采用人工智能密度来衡量人工智能发展水平,为了进一步检验核心解释变量选取的稳健性,我们采用各行业机器人安装量的对数来衡量人工智能水平。在此基础上,本文对基准回归模型进行再检验,具体回归结果如表5第(1)列所示。结果显示,在控制其他可能影响因素后,人工智能的系数在1%的水平上显著为正,表明人工智能发展能够显著扩大企业的出口规模。因此,替换核心指标衡量方式后,人工智能对企业出口的积极作用并未发生明显变化,从而证明了本文核心结论具有较强的稳健性。

第二,在零贸易问题处理上,考虑到原始数据样本中存在企业并未出口的现象,即部分企业存在零贸易行为,本文参考Silva和Teneyro(2006)<sup>[32]</sup>的做法,采用泊松伪最大似然估计模型(PPML模型)对包含零贸易的样本进行估计,具体结果如表5的第(2)列所示。观察可知,在控制各类非观测固定效应和其他影响因素后,PPML模型的估计结果表明人工智能发展能够显著促进企业出口,这一结论与基准回归相似,有效证明了在考虑零贸易问题后,本文基本结论依然成立。

第三,在城市经济体量和发展政策上,北上广这类一线城市和直辖市具有特殊的经济体量和发展政策,这里本身就汇聚了更多的人力资本和高新技术产业,这可能干扰我们考察人工智能发展对企业出口的真实影响,进而影响回归结论的有效性。为了解决这一问题,本文对现有样本进行重新筛选,剔除位于一线城市和直辖市的企业样本,包括北京、天津、上海、重庆、深圳、广州这几个城市的数据。在此基础上,本文根据基准计量回归模型对剩余样本进行再检验,重新评估人工智能对企业出口的影响,具体结果如表5第(3)列所示。可以发现,人工智能的系数显著为正,证明了在考虑城市经济体量和发展政策的影响后,人工智能依然能够对企业出口产生积极的作用。

第四,在行业样本选取上,本文考虑了两方面行业样本的稳健性检验:一方面,制造业企业是我国出口贸易的主力军,应就人工智能对制造业企业出口的作用展开考察,以证明人工智能发展的贸易效应是稳健的。另一方面,根据国民经济行业分类文件,专用设备制造业、计算机、通信和其他电子设备制造业中含有与智能制造相关的生产活动,这些行业本身可能具有更大的人工智能应用倾向,这会对基本回归结论产生干扰,因此需要进行剔除。根据上述分析思路,本文对行业样本选取进行相应处理,具体结果汇报于表5第(4)列和第(5)列。其中,第(4)列是仅考虑制造业的回归结果;第(5)列是剔除人工智能相关行业的回归结果。首先,从第(4)列的结果中可以看出,人工智能的系数在1%水平上显著为正,表明人工智能发展能促进制造业企业的出口,有效支持了人工智能对我国出口贸易发展的引领作用。其次,第(5)列结果显示,在剔除具有人工智能应用特征行业的影响后,人工智能对企业出口的促进效应并未发生明显的变化,从而证明了本文核心结论的稳健性。

第五,在行业趋势因素上,考虑到不同行业内企业出口规模可能受到一些非观测的行业特定趋势的影响,这将干扰人工智能对企业出口的具体作用。对此,本文参考金祥义等(2022)<sup>[33]</sup>的做法,在回归方程中加入行业层面的特定时间趋势项 $GB_i \times t$ ,其中 $GB$ 表示国民经济行业分类虚拟变量,当样本行业为 $i$ 时取值为1,否则取值为0; $t$ 表示相应的年份变量。根据上述设定,本文对基准回归进行再次检验,具体结果如表5第(6)列所示。不难发现,在控制各类非观测的固定效应、其他影响因素以及行业时间趋势后,人工智能发展依然能够促进企业的出口,由此可见,本文基本结论。

第六,在机器人未分类行业上,IFR数据库中存在部分机器人未按行业代码进行划分的现象,这类未划分的机器人数据在统计时全部归属于未分类行业之中,若不考虑这类机器人的数量,可能低估各行业机器人的实际应用规模。对此,本文参考Artuc等(2020)的做法,按照各行业原本机器人数量占全部机器人数量的比重,将未分类行业中的机器人数量按比例分配至各个行业中,重新计算各行业的人工智能水平。据此,本文对基准回归进行再检验,具体结果如表5第(7)列所示。由结果可知,在考虑机器人未分类行业的影响后,人工智能对企业出口的促进作用依然存在,因此本文基本结论具有一定的稳健性。

表5 稳健性检验

变量	安装量	PPML	经济体量和政策	仅制造业	非相关行业	行业趋势	未分类行业
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
$AI$	0.0322*** (2.7971)	0.0325*** (7.7272)	0.0516** (2.2319)	0.0591*** (3.1720)	0.0632** (2.2013)	0.0333** (2.5008)	0.0585*** (3.2427)
$GB \times t$	否	否	否	否	否	是	否
N	362 641	1 437 095	264 092	361 055	341 510	362 641	362 641
$R^2$	0.9099	0.8997	0.9131	0.9100	0.9103	0.9104	0.9101

## (二) 安慰剂检验

本文需要关注的另一个问题是遗漏变量产生的内生性问题,虽然我们尽可能在计量模型中控制各类影响企业出口的可能因素,并通过各类稳健性检验对人工智能发展的出口促进效应进行识别,但是仍然可能遗漏掉其他一些非观测的且随时间变化的因素,而这些因素可能是干扰识别人工智能真实作用的变量。本文参考金祥义和张文菲(2021)<sup>[34]</sup>的方式,利用安慰剂检验对人工智能的真实影响进行识别。具体地,若企业出口规模的扩大的确是源于人工智能水平的提高,而不是来自于其他遗漏或非观测变量的影响,那么只有当样本企业人工智能水平有特定程度的提高时,企业出口才会显著增加,这为我们利用安慰剂检验遗漏变量导致的内生性问题提供了一个独特的方式。若我们保持每个企业的人工智能水平真实数值不变,但是随意打乱人工智能水平与不同企业之间的匹配关系,由此构造出不同企业的伪人工智能水平指标,然后基于该指标,就人工智能发展对企业出口的具体作用进行再检

验。若此时安慰剂检验下的结果不显著，则表明人工智能对企业出口的促进作用是真实存在的，即该方法可以有效排除本文结论受遗漏变量产生的内生性问题的影响。

按照上述方法，本文对基准计量回归模型进行了1000次随机安慰剂检验，并记录下人工智能发展对企业出口的估计系数大小，最终绘制出估计系数的核密度图，具体结果如图1所示。其中，垂线表示本文基准回归中估计系数 $\beta$  (0.0593)所在的具体位置。1000次随机安慰剂检验的结果表明，估计系数 $\beta$ 的分布大致以0为中心展开，并且1000次估计系数 $\beta$ 对应的均值为-0.00004，十分接近于0，与本文真实的估计系数相差较远，即与垂线位置相距较远，这意味着安慰剂检验的估计系数 $\beta$ 远小于真实值，初步证明了人工智能对企业出口的真实作用。进一步，在所有安慰剂检验结果中，只有0.2%比例抽样的估计系数 $\beta$ 大于等于基准回归中的真实值0.0593，极小概率下与本文基准回归结果类似，从而为人工智能发展的出口促进效应提供了有力支持。

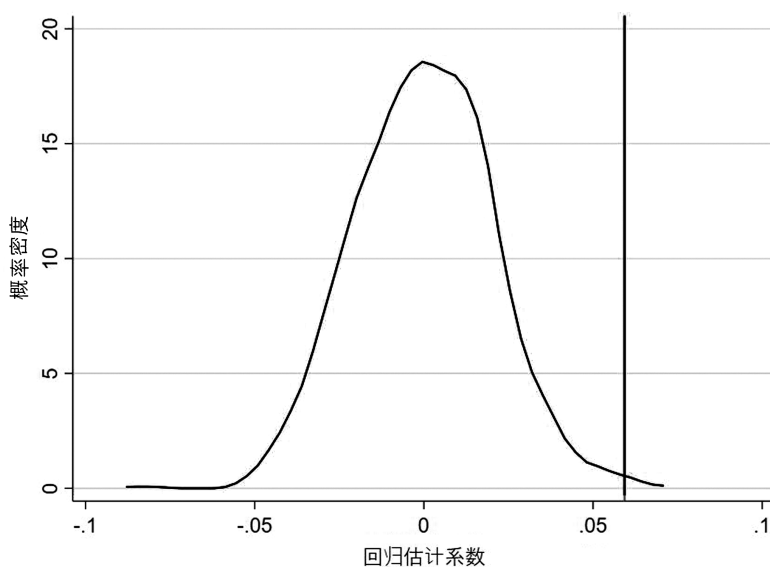


图1 安慰剂检验下估计系数的核密度图

### (三) 双向因果的内生性问题处理

本文需要关注的另一个内生性问题可能源于回归方程中的双向因果现象。出口规模越大的企业有可能越倾向于利用人工智能来生产经营，这会导致本文回归结论存在一定的双向因果问题。需要说明的是，原则上本文双向因果的问题不大，因为自变量是较为宏观的行业层面人工智能指标，而因变量是较为微观的企业层面出口贸易指标，微观变量对宏观变量的影响是有限的。但为了本文研究内容的完整性和严谨性，我们还是通过寻找合适的工具变量，对回归中潜在的内生性问题进行处理。

在工具变量选择上,本文主要参考 Artuc 等(2020)、Graetz 和 Michaels (2018)的做法,以其他国家人工智能平均发展水平和岗位人工智能替代率这两个变量作为回归的工具变量。工具变量需要符合相关性和外生性两个条件,而上述两个变量均符合这两方面的条件,其逻辑在于:首先,对于其他国家人工智能平均发展水平这一工具变量而言,在相关性上,随着人工智能技术的普及和推广,各国在人工智能发展上具有趋同性,因此该变量与我国人工智能发展水平具有一定的相关性;在外生性上,其他国家人工智能平均发展水平这一工具变量是排除我国人工智能发展水平后的世界平均水平,因此该工具变量很难直接通过其他因素影响我国企业出口,即与回归中的残差项不相关。但该工具变量能够影响我国人工智能发展水平,进而对我国企业出口产生影响,因此符合工具变量的外生性要求。其次,对于岗位人工智能替代率这一工具变量而言,在相关性上,随着人工智能的发展,行业中原来那些容易被人工智能所替代的岗位,例如流水线上产品的组装加工,很可能逐渐被人工智能所替换,因此岗位人工智能替代率与人工智能发展水平具有相关性;在外生性上,我们构造的岗位人工智能替代率以1980年的岗位数据为基础,因此该工具变量很难通过残差项影响企业当期的出口,即该工具变量符合外生性的条件。由此,我们可以利用2SLS—IV的方法对内生性问题进行处理,下面本文具体描述工具变量的构造过程。

一方面,在其他国家人工智能平均发展水平指标构建上(以 *other\_AI* 表示),我们计算出样本期间内,世界其他国家各行业人工智能发展水平的平均值,以该平均值为基础,重新计算我国各行业人工智能发展水平。另一方面,在岗位人工智能替代率这一指标构建上(以 *replaceability<sub>xt</sub>* 表示),我们利用美国1980年的各行业岗位数据,计算出各行业可被人工智能替代岗位的工作小时数占整个行业所有岗位工作小时数的比重,然后将这个指标与机器人行业数据匹配,作为岗位人工智能替代率的基础;同时,考虑到基准回归方程中包含了行业固定效应,为了防止该工具变量被行业固定效应所吸收,我们将上述指标乘以时间趋势项 *t*,得到最终的岗位人工智能替代率指标。

利用以上两个工具变量指标,本文采取2SLS—IV方法对基本结论进行再检验,具体结果如表6所示。其中,第(1)列和第(2)列是其他国家人工智能平均发展水平工具变量的回归结果;第(3)列和第(4)列是岗位人工智能替代率工具变量下的回归结果。由于第(2)列和第(4)列加入了全部控制变量,我们就这两列结果展开详细分析。首先,由第(2)列回归结果的第一阶段回归可知,工具变量的系数在1%的水平上显著为正,说明本国人工智能发展水平与世界平均水平之间存在正向关联,较好验证了前文工具变量选取的逻辑,并且 Kleibergen—Paap 数值为 5834.437,大于弱工具变量检验10%的上限值 16.38,显著拒绝了工具变量与内生变量无关的假设,说明工具变量选取较为合适;同时,该列第二阶段的回归表明,在控制了各类非观测的固定效应和其他可能影响因素后,人工智能的系数显著为正,说明人工智能发展的确能够促进企业出口,初步证明了克服内生性问题后,本文基本结论成立。其次,分析第(4)列结果的第一阶段回归可以发现,工

具变量系数在1%水平上保持正显著，这意味着随着人工智能的发展，行业中原来容易被人工智能替代的岗位将逐步被替代，较好证明了人工智能发展与岗位人工智能替代率之间的正向关系，并且 Kleibergen-Paap 数值为 425.157，大于弱工具变量检验 10% 的上限值 16.38，显著拒绝了工具变量与内生变量无关的假设，说明工具变量选取较为合适；进一步，第（4）列第二阶段的回归表明，人工智能的系数依然在 1% 水平上保持正显著，说明随着人工智能的发展，企业出口规模明显上升，即人工智能发展产生的出口促进作用是存在的。综上，在处理双向因果导致的内生性问题后，我们较好证明了人工智能对企业出口的积极作用，即证实了本文基本结论的准确性。

表 6 工具变量回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>AI</i>	0.1200 *** (5.3404)	0.0819 *** (3.8055)	0.0853 *** (3.4965)	0.0655 *** (3.4153)
第一阶段回归				
<i>other_AI</i>	1.6385 *** (16.5535)	1.6489 *** (16.3784)		
<i>replaceability</i> × <i>t</i>			0.4625 *** (20.6917)	0.4670 *** (20.6203)
控制变量	否	是	否	是
Kleibergen-Paap	5 860.048	5 834.437	428.214	425.157
N	362 641	362 641	356 452	356 452
R <sup>2</sup>	0.8999	0.9101	0.8993	0.9095

注：各列结果均包含了常数项。

## 五、结论与政策建议

数字时代下，人工智能等数字技术逐渐成为我国未来贸易发展布局的重要板块，构筑了我国对外贸易发展的竞争新优势。本文基于该背景，就人工智能对企业出口的影响展开系统的分析，并得到了以下结论：第一，人工智能发展是影响企业出口的重要因素，能够显著扩大企业的出口规模，同时该作用对出口规模较大的企业更明显。第二，异质性分析表明，人工智能发展将产生“机器人代人”的现象，能够对不同企业的出口产生差异化作用。具体而言，相比于非民营企业、人口红利优势时间段、东部地区企业、非技术密集型企业，人工智能对民营企业、人口红利非优势时间段、中西部地区企业、技术密集型企业的出口促进作用更大。第三，机制研究显示，人工智能发展能够降低企业的劳动力成本，提高企业经营生产的管理效率，进而促进企业出口，即用工成本节约效应和管理效率提升效应是人工智能发挥作用的具体机制。第四，在考虑核心指标稳健性、零贸易问题、城市经济体量和发展政策、行业样本选取、行业趋势因素、机器人未分类行业指标等方面后，人工智能对企业出口的促进作用依然存在。第五，内生性处理上，本文通过安慰剂检验

和工具变量回归的方式对遗漏变量和双向因果导致的内生性问题进行处理,发现人工智能发展的出口促进效应依然稳健。综上,本研究有效识别了人工智能与企业出口之间的因果关系,较好证明了人工智能发展是影响我国企业未来出口增长的重要因素。

根据研究结论,本文提出以下几方面的政策建议:首先,推动人工智能行业发展,培育我国企业出口竞争新优势。相关政府部门应加大对人工智能领域发展的支持力度,因为以人工智能为代表的新一轮数字技术对全球贸易格局具有明显的洗牌作用,人工智能由于其普适性的特征,能够与各行业深度渗透融合,通过人工智能技术的应用来提高行业内企业生产经营的效率,进而为企业出口提供有别于传统贸易的新竞争势能。例如,将人工智能应用于港口物流,可以建立智慧港口示范区,从而对物流运输进行有效监控和预案分析,减小人为事故导致的成本损失,有效减少企业出口的贸易成本。其次,加大人工智能领域高端人才的培育力度。人工智能作为全球各国竞相争夺的重要赛道,其后续发展离不开专业技术人员的梯队建设,政府部门可以通过教育津贴的方式促进各大高校对人工智能领域人才的培育,尤其是现阶段亟需的岗位人才,例如,培育人工智能在公共卫生突发事件处理方面的高端人才,这将助力我国应对和预判全球新冠肺炎冲击可能产生的经济影响,进而为出口企业营造更有利的内部发展环境。最后,制定人工智能应用发展的法律条例,推动人工智能领域的有序发展。一个行业的发展需要准确的法律进行引导,尤其对于人工智能这种高新技术行业。由于人工智能发展的时间较短,许多传统行业发展的规则可能并不适用于人工智能行业,因此只有广泛征集行业内人士和相关领域专家的意见,制定符合人工智能行业未来发展的法律条例,才能为人工智能未来的创新发展提供坚实的法律后盾,促进人工智能相关行业的有序发展,进而为人工智能应用与出口贸易的深度融合提供创新要素,最终增强我国企业与世界舞台上的贸易影响力和竞争力。

#### [参考文献]

- [1] 金祥义,张文菲.数字金融发展能够促进企业出口国内附加值提升吗[J].国际贸易问题,2022(3):16-34.
- [2] WTO. World Trade Report 2018: The Future of World Trade—How Digital Technologies are Transforming Global Commerce [R]. World Trade Organization, 2018.
- [3] GOLDFARB A, TREFLER D. AI and International Trade [R]. NBER Working Paper, 2018, No. w24254.
- [4] ARTUC E, BASTOS P, RIJKERS B. Robots, Tasks, and Trade [R]. World Bank Policy Research Working Paper, 2020, No. 8674.
- [5] 吕越,谷玮,包群.人工智能与中国企业参与全球价值链分工[J].中国工业经济,2020(5):80-98.
- [6] 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.
- [7] KRUGMAN P. A 'Technology Gap' Model of International Trade [M]. Structural Adjustment in Developed Open Economies. Palgrave Macmillan, London; 1985.
- [8] MELITZ M J. The Impact of Trade on Intra-industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity [J]. Econometrica, 2003, 71 (6): 1695-1725.



- [9] BERNARD A B, EATON J, JENSEN J B. Plants and Productivity in International Trade [J]. *American Economic Review*, 2003, 93 (4): 1268-1290.
- [10] EATON J, KORTUM S. Technology, Geography, and Trade [J]. *Econometrica*, 2002, 70 (5): 1741-1779.
- [11] DORNBUSCH R, FISCHER S, SAMUELSON P A. Comparative Advantage, Trade, and Payments in a Ricardian Model with a Continuum of Goods [J]. *American Economic Review*, 1977, 67 (5): 823-839.
- [12] DAVIS D R. Intra-industry Trade: A Heckscher-Ohlin-Ricardo Approach [J]. *Journal of International Economics*, 1995, 39 (3-4): 201-226.
- [13] BERNARD A B, REDDING S J, SCHOTT P K. Multiproduct Firms and Trade Liberalization [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2011, 126 (3): 1271-1318.
- [14] HELPMAN E, MELITZ M J, YEAPLE S R. Export Versus FDI with Heterogeneous Firms [J]. *American Economic Review*, 2004, 94 (1): 300-316.
- [15] LEE E. Trade, Inequality, and the Endogenous Sorting of Heterogeneous Workers [J]. *Journal of International Economics*, 2020, 125: 103-129.
- [16] 唐宜红, 顾丽华. 智能制造对出口的影响——基于工业机器人的经验证据 [J]. *国际经贸探索*, 2022, 38 (4): 4-21.
- [17] 杨光, 侯钰. 工业机器人的使用、技术升级与经济增长 [J]. *中国工业经济*, 2020 (10): 138-156.
- [18] AGHION P, JONES B F, JONES C I. Artificial Intelligence and Economic Growth [R]. NBER Working Paper, 2018, No. w23928.
- [19] 孔高文, 刘莎莎, 孔东民. 机器人与就业——基于行业与地区异质性的探索性分析 [J]. *中国工业经济*, 2020 (8): 80-98.
- [20] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets [J]. *Journal of Political Economy*, 2020, 128 (6): 2188-2244.
- [21] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Artificial Intelligence, Automation and Work [R]. NBER Working Paper, 2018, No. w24196.
- [22] FREY C B, OSBORNE M A. The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, 114: 254-280.
- [23] AGRAWAL A, GANS J, GOLDFARB A. Prediction Machines: The Simple Economics of Artificial Intelligence [M]. Cambridge: Harvard Business Press, 2018.
- [24] BLOOM N, MANOVA K, VAN REENEN J. Trade and Management [J]. *Review of Economics and Statistics*, 2021, 103 (3): 443-460.
- [25] GRAETZ G, MICHAELS G. Robots at Work [J]. *Review of Economics and Statistics*, 2018, 100 (5): 753-768.
- [26] FEENSTRA R C, LI Z, YU M. Exports and Credit Constraints under Incomplete Information: Theory and Evidence from China [J]. *Review of Economics and Statistics*, 2014, 96 (4): 729-744.
- [27] 余森杰, 金洋, 张睿. 工业企业产能利用率衡量与生产率估算 [J]. *经济研究*, 2018, 53 (5): 56-71.
- [28] FIRPO S, FORTIN N M, LEMIEUX T. Unconditional Quantile Regressions [J]. *Econometrica*, 2009, 77 (3): 953-973.
- [29] 蔡昉. 人口转变、人口红利与刘易斯转折点 [J]. *经济研究*, 2010, 45 (4): 4-13.
- [30] 周念利. 中国服务业改革对制造业微观生产效率的影响测度及异质性考察——基于服务中间投入的视角 [J]. *金融研究*, 2014 (9): 84-98.
- [31] 孙浦阳, 侯欣裕, 盛斌. 服务业开放、管理效率与企业出口 [J]. *经济研究*, 2018, 53 (7): 136-151.
- [32] SILVA J M C S, TENREYRO S. The Log of Gravity [J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2006, 88 (4): 641-658.
- [33] 金祥义, 张文菲, 施炳展. 绿色金融促进了中国出口贸易发展吗? [J]. *金融研究*, 2022, 503 (5): 38-56.
- [34] 金祥义, 张文菲. 数字金融与企业跨国并购: 事实考察与机理分析 [J]. *经济科学*, 2021 (6): 56-72.

## Artificial Intelligence and Firms' Export Expansion: The Technological Mark of Trade Revolution

JIN Xiangyi ZHANG Wenfei

**Abstract:** With the development of the new round of global technological revolution, artificial intelligence has gradually integrated into China's foreign trade by virtues of its technological characteristics of intelligent processing and universal applicability, and has become a core sector for creating new competitive strengths in China's export in the new era. In this regard, this paper combines the robot data of the International Federation of Robotics and the export data of Chinese firms to carry out a systematic analysis of how the development of artificial intelligence affects firms' export. We find that the development of artificial intelligence promotes firms' export, and the effect is greater for firms with larger export scale. Heterogeneity analysis shows that the development of artificial intelligence brings about the phenomenon of "machines replacing humans" and promotes the replacement of the demographic dividend with the technical dividend, and has heterogeneous impacts on different firms' export. Meanwhile, the mechanism test shows that the labor cost saving effect and the management efficiency improving effect are important channels for artificial intelligence to promote firms' export. In addition, after considering the measurement methods of the core indicator, the zero trade issue, urban economic volume and development policies, industry sample selection, and dealing with the endogenous problem through the placebo test and the instrumental variable regression, we show that the promoting effect of artificial intelligence on firms' export still exists robustly. This research provides favorable evidence for supporting the development of China's artificial intelligence, and provides beneficial reference for fostering new growth drivers of Chinese firms' export.

**Keywords:** Artificial Intelligence; Firms' Export; Digital Technology; "Machines Replacing Humans"; Technical Dividend

(责任编辑 张晨焱)