

# 人工智能有助于增强出口稳定性吗

## ——基于质量提升机制的视角

蔡建红 蔡震坤

(山东大学经济学院, 山东 济南 250100)

**摘要:**在国内外经济环境日趋复杂的情形下,稳出口已成为稳增长的重要支撑。本文在理论分析的基础上,采用2000—2015年中国海关数据库和工业企业数据库的匹配数据,运用离散时间生存模型考察了人工智能应用对以出口持续时间衡量的出口稳定性的影响。研究发现,人工智能对出口稳定性具有显著的增强作用,且增强效果在技术水平较低的贸易关系上尤为明显;在贸易关系的持续过程中,人工智能的引入可以通过直接提升产品质量、降低产品质量衰减速度的方式,降低贸易关系的失败概率,增强企业的出口稳定性。

**关键词:**人工智能;出口稳定性;出口持续时间;出口产品质量;离散时间生存模型

**中图分类号:**F746.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5230(2022)06-0146-13

### 一、引言

人工智能作为第四次工业革命的核心战略技术,通过与制造业深度融合,带来了生产力的又一次飞跃。自德国在2013年首先推出“工业4.0”概念以来,世界主要经济体相继出台了一系列规划和报告<sup>①</sup>,将人工智能技术的发展上升至国家战略层面,以抢占未来国际竞争中的战略制高点,人工智能技术的应用也随之进入快车道。以工业机器人为例,根据国际机器人联合会(IFR)提供的数据,全球工业机器人的年安装量由2010年的12.1万台增加至2020年的38.4万台,而中国则从1.5万台增加至16.8万台,并在2016年之后成为安装存量最大的国家。

随着人工智能在制造业大规模应用时代的到来,传统的低技能岗位逐渐被替代<sup>[1][2]</sup>,新的岗位不断涌现<sup>[3][4]</sup>,这在推动生产率提升和制造业转型升级的同时<sup>[5]</sup>,也给国际贸易的发展带来了重大变革。一方面,人工智能技术在工业机器人、大数据和数字经济等多个领域的应用降低了生产成本、出口成本与信息搜寻成本<sup>[6][7]</sup>,促进了国际贸易规模的进一步扩大;另一方面,人工智能改变了一国要

**收稿日期:**2022-08-10

**基金项目:**国家社会科学基金重大项目“‘一带一路’金融生态多样性对中国海外投资效率的影响研究”(17ZDA040);国家社会科学基金一般项目“人工智能对企业间工资差距的影响机理与对策研究”(21BJY097)

**作者简介:**蔡建红(1971—),女,山东平度人,山东大学经济学院教授,博士生导师;  
蔡震坤(1988—),男,山东枣庄人,山东大学经济学院博士生。

素禀赋的相对丰裕度和比较优势<sup>[8][9]</sup>,引起全球贸易分工格局和价值链的重构,给各国带来了前所未有的挑战和机遇。

目前,中国正处于“双循环”格局的构建阶段,保持出口稳定不仅是未来一段时间内实现经济增长的重要保障<sup>[10]</sup>,而且还能够为“国内循环”的建设赢得宝贵的战略缓冲期。反观现实,中国经济经过长期的高速发展,人口红利逐渐消失,工资水平不断提升,出口成本水涨船高;同时,中国长期以来处在价值链的低端,技术水平和产品质量与发达国家尚存在较大差距,产品的可替代性较强。中国企业在国际市场上面临着他国低成本和高质量产品的竞争,保持出口的稳定性殊非易事,而人工智能的应用有可能予以助力。人工智能的应用一方面能够促进多产品企业出口产品范围的扩大<sup>[11]</sup>,同时缓解中国在劳动密集型产业的比较劣势<sup>[9]</sup>,将更多生产环节留在国内<sup>[12]</sup>,提升垂直分工范围<sup>[13]</sup>;另一方面能够提高企业的出口产品质量<sup>[14][15][16]</sup>,无论是出口产品的多元化,还是产品质量的提升,均有助于出口稳定性的增强<sup>[17][18][19]</sup>。此外,还有研究发现,人工智能的应用提升了企业在全价值链的分工位置<sup>[20][21]</sup>,并使企业获取更高的出口附加值<sup>[22]</sup>,这也为人工智能增强出口稳定性提供了一种可能的途径。

与已有研究相比,本文的贡献主要有两点:第一,与已有研究考察人工智能应用对出口规模、出口质量和出口附加值的影响不同,本文进一步聚焦人工智能对企业出口稳定性的影响,丰富和深化了人工智能与贸易高质量发展的研究;第二,本文在阐释人工智能应用增强出口稳定性的内在逻辑时,从产品质量的视角解释了贸易关系存续或终止的原因,强调了人工智能的质量提升机制,即通过直接提升产品质量、降低产品质量衰减速度的方式,降低贸易关系的失败概率,增强企业的出口稳定性。

## 二、理论分析

根据经典理论,贸易关系一旦建立,就会长期维持下去。然而,在现实经济生活中,各国的出口稳定性普遍较弱<sup>[23][24]</sup>。Bladwin 和 Harrigan(2011)、Khandelwal 等(2013)将企业异质性拓展至产品层面<sup>[25][26]</sup>,强调了产品质量在贸易关系中扮演的重要角色,为解释出口稳定性普遍较弱的现象提供了全新视角。研究表明,高产品质量是出口稳定性的重要保障<sup>[18]</sup>,初始质量越高的产品,出口持续时间就越长<sup>[19]</sup>。本文将消费者效用折现和企业技术进步纳入分析框架,描述产品质量的动态变化,并试图从产品质量的视角解释贸易关系的存续条件,在此基础上考察人工智能应用对出口稳定性的影响。

### (一) 产品质量的动态变化

本文使用如式(1)所示的 CES 函数描述出口目的国消费者的效用:

$$U = \left( \int_{\omega \in \Omega} (\lambda e^{-\mu t} q)^\rho d\omega \right)^{\frac{1}{\rho}} \quad (1)$$

消费者面临的是一个差异化产品集合  $\Omega$ ,总效用由所有消费产品的效用加总而来,消费者通过调整不同产品的消费量实现自身效用的最大化。其中, $q$  代表特定产品  $\omega$  的需求量。进一步引入质量概念作为每种产品的权重,某产品的质量越高,代表该产品给消费者带来的效用越大。 $\lambda$  代表真实的产品质量,产品间的替代弹性  $\rho > 1$ ,  $\mu$  代表效用的折现率, $e$  为自然底数,故从消费者的视角来看,随时间推移而变化的产品质量可表示为  $\lambda e^{-\mu t}$ 。由于边际效用递减、同类竞品出现和技术进步等原因,使得同一产品给消费者带来的效用随时间推移而不断降低,从而导致消费者对当期效用的偏好高于未来效用,即  $\mu > 0$ 。 $\lambda e^{-\mu t} q$  则表示经产品质量调整的有效需求。若将目的国产出记为  $Y$ ,产品价格记为  $p$ ,价格指数记为  $P$ ,求解效用最大化的一阶条件,可得产品在出口市场面临的需求曲线:

$$q = \lambda^{\rho-1} e^{\mu t - \mu t \rho} \frac{p^{-\rho}}{P^{1-\rho}} Y \quad (2)$$

在生产者方面,若企业的技术进步率  $g > 0$ ,则表示随着时间的推移,企业生产同等质量的产品会变得越来越容易,故从生产者的视角来看,在  $t$  时刻生产质量为  $\lambda$  的产品,相当于生产质量为  $\lambda e^{-gt}$  的产品。在同时考虑消费者效用折现和生产者技术进步的情况下,企业的利润函数可记为:

$$\pi = \left( p - \frac{\bar{c} e^{-\xi t \epsilon} \lambda^\epsilon}{\varphi} \right) e^{\mu t - \mu t \rho} \lambda^{\rho-1} \frac{p^\rho}{P^{1-\rho}} Y - f e^{-\xi t \eta} \lambda^\eta \quad (3)$$

式(3)中,  $\bar{c}$  表示行业内生产标准质量产品的平均边际成本, 对于企业而言可视为常数,  $\varphi$  代表企业的生产率, 则  $\bar{c} e^{-\xi t \epsilon} \lambda^\epsilon / \varphi$  表示经质量和生产率调整后的边际成本, 其与质量成正比, 与技术进步率和生产率成反比,  $\epsilon$  代表边际成本对产品质量的弹性;  $f$  代表设备、研发等基本投入, 经质量调整后则表示为  $f e^{-\xi t \eta} \lambda^\eta$ , 其与质量成正比, 与技术进步成反比,  $\eta$  代表前期投入对产品质量的弹性。利润最大化的价格一阶条件为:

$$p = \frac{\rho}{\rho-1} \frac{\bar{c}}{\varphi} e^{-\xi t \epsilon} \lambda^\epsilon \quad (4)$$

将式(4)带入式(2)所示的有效需求曲线后可得:

$$q = \lambda^{\rho-1-\rho\epsilon} e^{\mu t - \mu t \rho + \rho \xi t \epsilon} \left( \frac{\rho}{\rho-1} \frac{\bar{c}}{\varphi} \right)^{-\rho} \frac{Y}{P^{1-\rho}} \quad (5)$$

为保证需求的质量弹性为正, 需满足  $\epsilon < (\rho-1)/\rho$ , 由于  $\rho > 1$ , 故有  $\epsilon \in (0, 1)$ 。将式(4)带入利润函数后, 对  $\lambda$  求导可知  $t$  时刻企业最优的产品质量  $\lambda$  满足:

$$\lambda^{\eta(\rho-1)(1-\epsilon)} = \left( \frac{1-\epsilon}{f\eta} \right) \left( \frac{\rho-1}{\rho} \right)^\rho \left( \frac{\varphi}{\bar{c}} \right)^{\rho-1} \frac{Y}{P^{1-\rho}} e^{\xi t(\eta + \epsilon\rho - \epsilon) - \mu t(\rho-1)} \quad (6)$$

式(6)可简记为  $\lambda_t = \Phi(\varphi) G(\mu, g)^t$ , 其中,  $\Phi(\varphi)$  为生产率的单调递增函数;  $G(\mu, g)$  是消费者效用折现率  $\mu$  和企业技术进步率  $g$  的函数, 随前者的增加单调递减, 随后者的增加单调递增。该通解形式对应的差分方程为  $\lambda_t - G(\mu, g)\lambda_{t-1} = 0$ , 表明产品质量与上一年质量正相关。为保证式(3)的利润函数收敛, 需满足  $\eta > (\rho-1)(1-\epsilon)$ , 否则, 企业所选质量将趋向于无穷大, 无最优解。其含义为, 随着质量的不断提升, 设备和研发投入的增幅将逐渐超过收益的增幅。该不等式可变形为  $\eta + \epsilon\rho - \epsilon > \rho - 1 > 0$ , 令  $z = (\rho-1)/(\eta + \epsilon\rho - \epsilon)$ , 则有  $z \in (0, 1)$ 。由式(6)可知, 若  $g < z\mu$ , 则  $G(\mu, g) \in (0, 1)$ 。综上可知, 当企业的技术进步率低于临界值  $z\mu$  时, 随着贸易关系的持续, 出口产品质量将逐渐衰减。

## (二) 人工智能、产品质量与出口稳定性

在式(6)的基础上进一步考虑外生扰动因素, 可将质量的变化设为一阶自回归过程:

$$\lambda_t = \phi \lambda_{t-1} + e_t \quad (7)$$

式(7)中,  $\phi \in (0, 1)$  为中心化后的自相关系数, 对应上文的  $G(\mu, g)$ ,  $e$  为白噪声。在异质性企业理论中, 企业能否进入出口市场, 由零临界利润条件决定, 即只有企业生产率达到最低要求, 才能够成功进入出口市场<sup>[29]</sup>。在此基础上, 引入临界质量的概念, 即只有产品质量在临界质量之上, 贸易关系才能够维持。若最低质量要求为  $\underline{\lambda}$ , 则贸易关系在第  $T$  年终止的临界条件可表示为:

$$\lambda_T = e_T + \phi e_{T-1} + \phi^2 e_{T-2} + \cdots + \phi^{T-2} e_2 + \phi^{T-1} \lambda_1 = \underline{\lambda} \quad (8)$$

贸易关系持续时间的期望  $T = 1 + (\ln \underline{\lambda} - \ln \lambda_1) / \ln \phi$ , 由于  $\ln \phi < 0$ , 故持续时间与初始质量  $\lambda_1$  成正比, 表明初始质量越高, 贸易关系的持续时间越长, 这与已有研究结论一致<sup>[19]</sup>。进一步考虑外生扰动对贸易关系持续时间的影响, 在贸易关系已持续  $t$  年的情况下, 下一年终止的概率可表示为:

$$P(\lambda_{t+1} \leq \underline{\lambda} | \lambda_t) = P(\phi \lambda_t + e_{t+1} \leq \underline{\lambda}) = P(e_{t+1} \leq \underline{\lambda} - \phi \lambda_t) = F_{e_{t+1}}(\underline{\lambda} - \phi \lambda_t) \quad (9)$$

式(9)中,  $F$  为累积分布函数。由式(9)可知, 可能影响终止概率的因素主要来自两方面: 其一, 若  $t$  期发生了能够提高  $\lambda_t$  的正面冲击, 有利于降低  $t+1$  期终止的概率, 结合式(6)考虑, 这种冲击可能源于生产率  $\varphi$  的提升, 其脉冲响应函数单调递减, 表明该冲击是短期的, 随持续时间增加而不断减弱; 其二, 若自相关系数  $\phi$  提升, 一阶自回归过程的收敛速度减缓, 有利于降低贸易关系的失败概率, 且该效应是长期的、系统的, 结合式(6)考虑, 长期效应可能源于技术进步率  $g$  的提升。

现有研究普遍认为, 在生产过程中引入人工智能能够优化企业要素配置, 显著提高生产率<sup>[13][27][28]</sup>, 降低生产成本。结合式(6)和式(9), 企业在短期内可将人工智能带来的成本优势转化为价格优势, 提高产品质量。如图 1 所示, 企业引入人工智能后, 产品质量由  $\lambda_A$  跃升至  $\lambda_B$ , 贸易关系在

下一期的失败概率则从  $F(\lambda - \phi\lambda_A)$  迅速降至  $F(\lambda - \phi\lambda_B)$ , 出口稳定性得以提高, 即在短期内, 人工智能有助于企业实现产品质量的跃升, 增强短期的出口稳定性。

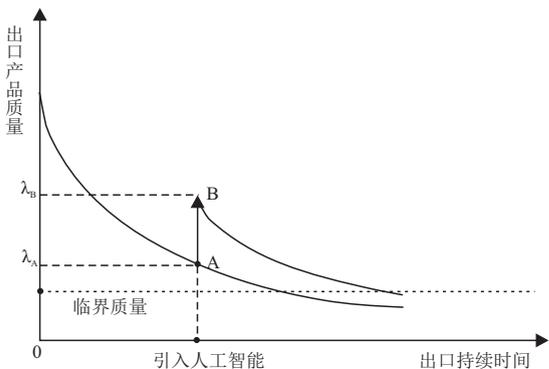


图1 人工智能对出口稳定性的短期作用

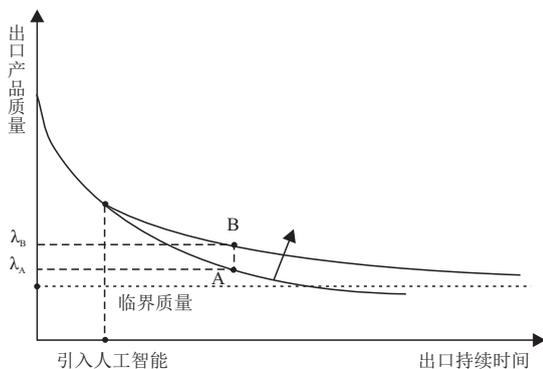


图2 人工智能对出口稳定性的长期作用

企业在引入人工智能并获得生产率的提升后,除了可以选择将成本优势转化为价格优势外,部分高新技术企业可能更倾向于将节约下来的成本用于研发,培育企业的技术优势<sup>[30]</sup>,在长期内增加自身的市场力量,以占据行业主导地位<sup>[31]</sup>,而非在短期内就以利益的形式传递给消费者<sup>[32]</sup>。如图2所示,企业将人工智能带来的成本优势转化为技术优势后, $\phi$ 的提升能够减缓质量的衰减,将产品质量维持在更高的水平,系统地增强出口稳定性,且技术优势带来的增强效果往往是长期的,即从较长时间来看,人工智能有助于降低产品质量衰减速度,增强长期的出口稳定性。

综上所述,人工智能可以通过直接提升产品质量、降低产品质量衰减速度的方式,降低贸易关系的失败概率,增强企业的出口稳定性。下文将进行规范的实证分析对此进行检验。

### 三、典型事实

#### (一)数据来源与处理

与现有多数文献相同,本文采用工业机器人的使用度量企业人工智能的应用水平<sup>[2][7]</sup>。囿于微观层面机器人使用数据的不可得,本文参考已有研究的常用做法,使用机器人进口数据作为代理变量<sup>[33][34]</sup>。一方面,《2021中国工业机器人产业发展白皮书》显示,中国工业机器人市场上仍以外资品牌为主导,2011年国产品牌的市场占有率不足1%,尽管到2020年增长至28%,但在使用机器人最多的汽车制造业仍不足10%,说明绝大多数企业使用的机器人主要来自进口;另一方面,在将企业层面的机器人进口数据加总,并与IFR的总量数据进行对比后,可以发现二者非常接近,也说明选择进口机器人作为代理变量所产生的误差不大。

由于在工业机器人的识别上,HS8位码的准确度高于HS6位码<sup>[32][35]</sup>,本文首先按照工业机器人产品的HS8位编码<sup>®</sup>,从2000—2015年中国海关数据库进口数据中检索机器人的进口记录,剔除其中的加工贸易、转口贸易和复出口样本,得到4840家企业的13918条观测值,并合并至企业一年份层面;然后将机器人进口数据与工业企业数据库进行匹配;最后再将上述合并数据与出口数据匹配,得到企业一目的国一产品层面的观测值共计17283470个。

#### (二)核心变量的测度

本文采用贸易关系的持续时间反映出口稳定性,并定义某企业从开始对某一目的国出口某种产品到出口终止(未间断)所经历的时间为一个贸易关系的出口持续时间,以年数衡量,并将贸易关系的终止视为“失败”,将中止又恢复的贸易关系的多个间断时间段视作不同的贸易关系。在贸易关系生存函数的估计中,由于无法确认2000年就已经存在的贸易关系的真实起始时间和持续时间,故将此类左删失观测值删除,余下共有10285816个贸易关系。对于观测到“失败”的贸易关系,赋值为1;对于2015年仍存活的、未观测到“失败”的贸易关系,即右删失观测值,则赋值为0。

在出口产品质量的测算方面,本文参照施炳展(2014)的做法<sup>[19]</sup>,测算了企业*i*在*t*年对*c*国出口的*h*产品的质量,并对其进行中心化处理,得到无单位、取值区间为[0,1]的质量指标,该指标在不同产品、不同时期之间具有可比性。

### (三)特征事实的展示

为初步探究企业使用人工智能如何影响出口稳定性,本文首先将贸易关系分为四类:一是未使用机器人的贸易关系;二是在使用机器人前就已终止(即未受机器人影响)的贸易关系;三是使用机器人后新建立的贸易关系;四是使用机器人前已经存在,且持续至使用机器人之后的贸易关系。在此基础上,使用K-M非参数法估计了各类贸易关系的生存函数。

首先,从图3的横向比较结果可以发现,第二类贸易关系的生存率低于第一类贸易关系,表明提升出口稳定性可能是企业在生产中引入机器人的动因之一;受机器人影响的有第三类和第四类贸易关系,其生存率均高于第一类,表明引入机器人可能对出口稳定性带来有益的影响。

其次,为更加直观地展示机器人对生存率的影响,图4以“使用机器人”作为时间节点,纵向比较了使用机器人前后的生存率。需要说明的是,参与估计使用机器人之前生存函数的样本有两部分:一部分是第二类贸易关系,另一部分是第四类贸易关系的前半段,且后者应视为右删失观测值,标记为“未失败”;参与估计使用机器人之后生存函数的样本同样有两部分,分别是第三类贸易关系和第四类贸易关系的后半段,尽管后者在形式上是左删失观测值,但由于其真实起始时间已知,故无须特别处理。从图4中可发现,使用机器人明显提升了贸易关系的生存率,但随着持续时间的增加,对出口稳定性的增强效果逐渐减弱。

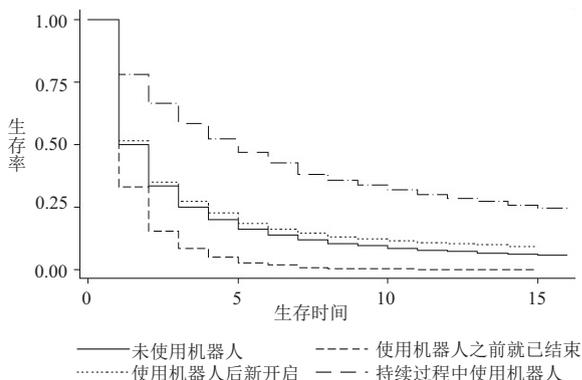


图3 机器人对出口持续时间的影响(横向比较)

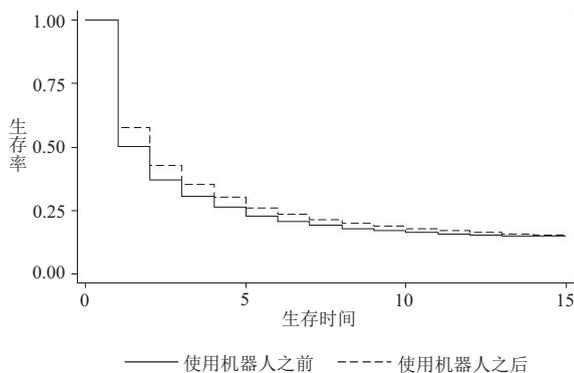


图4 机器人对出口持续时间的影响(纵向比较)

再次,根据上文的理论分析,产品质量越低,贸易关系失败的概率越高,持续时间越短。对此,本文按照最大持续时间对贸易关系进行分组,选取持续时间为3年、4年、5年、6年和7年的贸易关系,分别将其持续期内每年质量的算数平均值绘制在图5中。从中可发现,其一,贸易关系的初始质量通常较低,之后开始大幅上升。究其原因,企业需要在贸易关系的初始阶段进行“出口试验”<sup>[36]</sup>,以估计该市场的“临界质量”,只有在成功确认自身在该市场的盈利能力后,才会进行正常出口,故第二年的质量均呈大幅上升的趋势;其二,尽管初期质量可能并不能反映产品的真实质量水平,但初期质量越高的贸易关系,持续时间越长,整体质量水平也越高;其三,在度过初期的试验阶段后,出口产品质量均呈现逐渐降低的趋势,当质量低于初期质量后,出口随即终止,这与上文对产品质量动态变化的分析相符,表明出口持续时间与产品质量之间有着密切的联系。

最后,图6进一步展示了使用机器人前后产品质量累积分布的变化情况。在低分位处,企业在使用机器人之前的质量低于未使用机器人的质量,在高分位处则恰好相反,表明“扭转劣势”和“保持优势”均可能成为企业使用机器人的内在动机;而在使用机器人之后质量则明显提升,同时也超越了未使用机器人的质量,较为直观地体现了机器人对产品质量的提升作用。结合图5的信息,可初步判断

人工智能能够通过提升产品质量来延长贸易持续时间,不仅进一步支持了图 3 和图 4 的结论,而且也与理论分析的结论吻合。

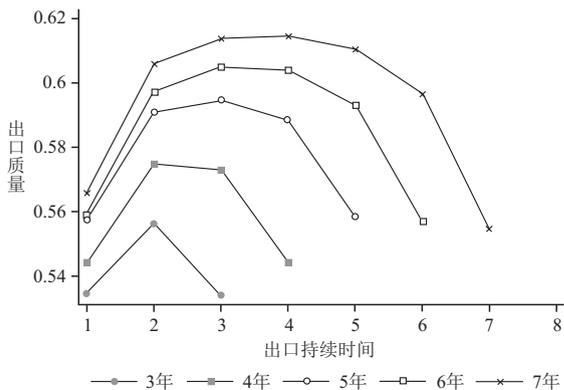


图 5 产品质量与出口持续时间

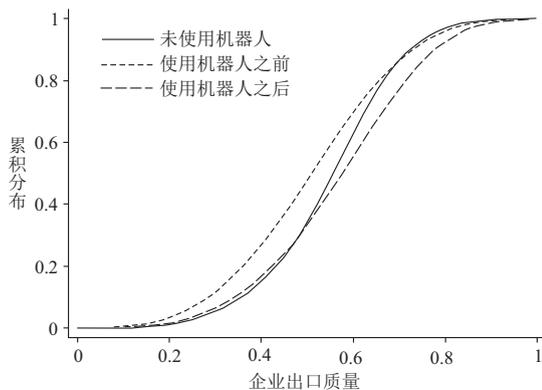


图 6 机器人对产品质量的影响

#### 四、实证设计与分析

##### (一) 模型设定和变量选取

本文采用贸易关系的失败概率衡量出口稳定性,并使用生存模型进行定量分析。常见的连续时间生存模型主要有比例风险模型和加速失效模型两类,然而,贸易并非连续发生(即使连续,也通常按年统计),使用连续时间生存模型难以控制未观测到的异质性,且比例风险假设往往不成立。相比之下,离散时间生存模型更适合分析贸易关系的持续时间。离散时间风险率的基本形式如下:

$$\text{hazard}_{ichk} = \text{Prob}(T_{ich} < t_{k+1} | T_{ich} \geq t_k) = F(x'_{ichk}\beta + \gamma_k) \quad (10)$$

式(10)中,  $ich$  代表由企业—目的国—产品确定的贸易关系,  $x_{ichk}$  为核心解释变量和控制变量的集合,  $\gamma_k$  表示在  $t_k$  时的基准风险函数。当风险率分别服从正态分布、逻辑分布和极值分布时,式(10)依次对应 Probit、Logit 和 Cloglog 模型。其中, Cloglog 模型是比例风险模型的一种,而 Logit 和 Probit 模型则明显偏离比例性,更适用于贸易关系持续时间的研究。

与上文中生存函数的估计方式不同,离散时间生存模型为二值响应模型,其将贸易关系每一年的数据均视作一个观测值,被解释变量为虚拟变量 Fail,代表贸易关系在每一年的持续情况,如果一个贸易关系在样本期内观测到“终止”,则在其终止的年份赋值为 1,之前年份赋值为 0;如果一个贸易关系是右删失的,则每年均赋值为 0。由于风险率通常表示为  $e^{x'\beta}$ ,故报告的结果以估计系数的指数形式呈现,若小于 1,则代表该变量升高能降低失败概率。由于 Logit 模型的指数形式系数有直观含义,故本文以 Logit 模型作为基准模型。

核心解释变量为虚拟变量 Rob,当企业使用机器人后赋值为 1,未使用机器人或在使用机器人之前均赋值为 0。控制变量包括:企业规模(Size),以企业在职员工的对数衡量;企业年龄(Age),以观测年度与企业成立时间之差的年数表示,反映企业经验和创新动力等无形特征;工资水平(Wage),以企业应付职工薪酬与在职员工之比的对数形式衡量,反映企业技术水平;资本劳动比(CL),以企业总资产与职工人数之比的对数衡量,反映企业的资源配置情况;初始贸易额(Initial),以贸易关系初始年份出口额的对数衡量,反映交易双方的信任程度和出口不确定性。此外,本文还控制了目的国层面的 GDP 增速(Gdpgr)和以目的国货币汇率的年度均值衡量的汇率水平(Exrate)。

##### (二) 基准估计结果

表 1 第(1)~(2)列为未控制不可观测异质性的结果。其中,第(1)列为不含控制变量的简单回归;第(2)列则加入控制变量。核心解释变量 Rob 的估计系数均小于 1,且在 1% 的水平上显著,表明企业使用机器人显著降低了贸易关系的失败概率,有利于增强出口的稳定性。第(3)~(4)列则参考

陈勇兵等(2013)的研究<sup>[24]</sup>,分别在第(1)~(2)列的基础上加入企业—目的国—产品效应,以控制不可观测的异质性。除了核心解释变量的系数依旧显著外,各列的似然比检验结果均强烈拒绝不存在不可观测异质性的原假设,表明使用离散时间生存模型时,对不可观测异质性的控制十分必要,故后文的分析均在控制个体异质性的前提下进行。

表 1 基准回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
Rob	0.8583 *** (- 52.06)	0.9211 *** (- 21.92)	0.9210 *** (- 15.69)	0.9176 *** (- 12.31)
Size		0.9196 (- 157.70)		0.9005 *** (- 108.43)
Age		1.0630 *** (61.95)		1.4255 *** (182.80)
Wage		0.9190 *** (- 95.67)		0.8923 *** (- 76.19)
CL		1.0410 *** (66.00)		1.0500 *** (44.13)
Initial		0.9655 *** (- 219.94)		0.9413 *** (- 191.39)
Gdpgr		1.0140 *** (83.40)		1.0070 *** (29.32)
Exrate		1.0000 *** (38.39)		1.0000 *** (26.46)
企业—目的国—产品	No	No	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
$\rho$			0.4723 ***	0.5277 ***
N	17283470	13060197	17283470	13060197
Likelihood	- 11757866	- 8837835	- 10926895	- 8275354

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%水平上显著,括号内为t统计量, $\rho$ 为不可观测异质性的方差占总误差方差之比,下表同。

### (三)稳健性检验

为了验证基本结论的可靠性,本文采用如下方式进行稳健性检验。

1.更换数据维度。基准回归的数据中同时考虑了目的国和产品两个维度,表2第(1)~(2)列则仅考虑一个维度,即分别将数据维度更换为企业—目的国和企业—产品,结果仍然稳健,表明使用机器人能够增强企业出口稳定性的结论在目的国层面和产品层面均成立。

2.更换估计模型。基准回归使用的Logit模型暗含了风险率服从逻辑分布的假定,于是本文还考虑其他可能的分布,如正态分布和极值分布,表2第(3)~(4)列分别使用Probit和Cloglog模型进行了稳健性检验,其中后者是离散时间的比例风险模型。结果表明,对风险率分布的不同假设,不会改变本文的基本结论。

3.更换解释变量。为了直观地反映贸易关系失败风险在使用机器人前后的平均变化水平,基准回归中的核心解释变量为虚拟变量。为稳健起见,表2第(5)~(6)列分别使用机器人累计进口金额的对数和累计进口数量的对数来衡量机器人的使用情况,结果表明,本文的基本结论不因核心解释变量的衡量方式调整而改变。

4.调整样本范围。影响生存分析结果的一个重要因素是样本持续时间的分布情况,故本文通过调整样本范围,对不同分布的样本进行估计。表3第(1)列删除了拥有多个持续时间段的贸易关系;第(2)列则保留了拥有单一或多个持续时间段的贸易关系的首个持续时间段;考虑到贸易关系初始阶段的失败率较高,第(3)列删除了贸易关系的首年。结果表明,本文的基本结论对不同分布的样本普遍适用,具有较强的稳健性。

表 2

更换数据、模型与变量

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	企业—目的国	企业—产品	Probit	Cloglog	进口金额	进口数量
Rob	0.7327*** (-21.19)	0.8558*** (-12.05)	0.9515*** (-12.21)	0.9372*** (-12.77)	0.9899*** (-10.22)	0.9654*** (-12.66)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业—目的国—产品			Yes	Yes	Yes	Yes
企业—目的国	Yes					
企业—产品		Yes				
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$\rho$	0.5336***	0.5246***	0.5579***	0.5373***	0.5173***	0.5277***
N	5505703	3927115	13060197	13060197	13060197	13060197
Likelihood	-3199526	-2281382	-8275613	-8280469	-8275378	-8275350

表 3

样本调整与内生性处理

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	唯一时间段	首个时间段	删除首年	IVprobit	IVprobit
Rob	0.9098*** (-9.96)	0.9239*** (-10.05)	0.9155*** (-9.81)	0.1154*** (-113.77)	0.9443*** (-13.70)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业—目的国—产品	Yes	Yes	Yes	No	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$\rho$	0.6091***	0.5412***	0.4117***	0.3235***	0.5579***
N	9478941	11234369	6358194	13060197	13060197
Likelihood	-5828321	-7103504	-3657034	-2718733	-8275593

5.内生性处理。在本文的离散生存分析中,被解释变量是贸易关系层面,而机器人的使用发生在企业层面,通常在这种情况下,由逆向因果导致内生性的可能性较小,且本文所有结果均在控制不可观测异质性的前提下得出,很大程度上控制了遗漏变量的情形。为稳健起见,本文使用工具变量法进一步处理潜在的内生性问题。参考 Bonfiglioli 等(2020)的做法<sup>[32]</sup>,本文选取行业的机器人适应性(Suit)作为工具变量,具体为行业内机器人资本存量总额与资产总额之比的对数,其取值越高,代表行业对机器人的适应性越强,越适合机器人的推广。由于该指标为行业层面指标,故在贸易关系层面可视作外生。表3第(4)列首先使用IVprobit方法进行了估计。由于该方法未控制个体效应,表3第(5)列参照包群等(2015)的做法<sup>[37]</sup>,将基于工具变量计算的拟合值带入模型进行第二阶段的估计,从而保证了个体固定效应的控制,两列结果均与基准结果保持一致。

#### (四)异质性分析

考虑到本文的贸易关系是企业—目的国—产品层面的数据,故本文分别从企业、目的国和产品三个方面的异质性出发,对机器人的差异化效应进行分组检验。

1.企业异质性。由于机器人对企业的直观影响是成本降低,而企业的研发投入决定了节约下来的成本去向,故本文在企业层面选择研发投入作为分组标准。考虑到研发投入指标缺失严重,仅在2005、2006、2007和2010年拥有观测值,本文采取以下方法进行初步的定性判断:将这4年研发投入均为0的企业,定性为无研发倾向的企业;将这4年中只要任意一年的研发投入大于0的企业,定性为有研发倾向的企业。其合理性在于,一个有研发倾向的企业在4年均无研发投入是小概率事件。表4第(1)~(2)列的结果显示,机器人对无研发倾向企业出口稳定性的增强效果更加明显,可能的解释是,企业将使用机器人所节省的成本用于研发,意味着企业无法获得短期的价格优势,同时,研发活动往往需要大量的资金投入,并经历较长的周期,才能转化为技术优势,企业无法立竿见影地提升自身技术水平,故出口稳定性的增强效果相对较小。

表 4

异质性分组检验

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	有研发	无研发	发达	发展中	消费品	非消费品
Rob	0.9178***	0.8295***	0.9820*	0.8748***	0.7064***	0.9798***
	(-4.26)	(-11.20)	(-1.89)	(-13.28)	(-22.06)	(-2.57)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业—目的国—产品	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
$\rho$	0.4272***	0.4858***	0.5235***	0.5249***	0.4968***	0.5458***
N	733815	2373008	6795028	6265169	4865048	8195149
Likelihood	-486005	-1583729	-4256879	-4005099	-3109635	-5160280

2.目的国异质性。不同经济发展水平国家的消费者对产品有着不同的需求和评价标准,同样的产品给不同国家消费者提供的效用迥然不同,机器人对出口稳定性的增强效果可能因目的国而异,故本文将出口目的国分为发达国家和发展中国家两类。表4第(3)~(4)列的结果显示,企业对发展中国家的出口稳定性受机器人的影响更加明显。结合理论分析,可能的解释是,发达国家的临界质量和效用折现率普遍较高,而发展中国家则相对较低,企业使用机器人后,产品质量的提升效果在发展中国家更加明显,出口稳定性的增强效果也更加显著。

3.产品异质性。不同产品的要素比例相差甚远,因此,作为一种替代技术,机器人在生产不同产品时能发挥的作用各不相同。本文根据BEC分类将产品分为消费品和非消费品两类,表4第(5)~(6)列的结果显示,机器人对消费品出口稳定性的增强效应远大于非消费品。可能的解释是,消费品的技术门槛相对较低,更适合人工智能的应用,企业使用机器人后可迅速将成本优势转化为价格优势,在短期内提高竞争力和出口稳定性;中间品和资本品的技术密集度更高,而使用机器人并不能在短期内直接提升企业的技术水平,因此对其出口稳定性的强化作用相对较小。

由此可见,尽管机器人能够增强出口稳定性,但其效果会受到贸易关系中的企业、目的国和产品这三个维度特征的影响。不难发现,无论是无研发倾向的企业,还是发展中国家,抑或是消费品,其共同特征是技术水平相对较低。换言之,技术水平是影响机器人对出口稳定性增强效果的重要因素,技术水平越低的贸易关系提升效果越明显。究其原因,对技术水平较低的劳动密集型产品,机器人可以通过优化要素配置显著降低其成本,转化为价格优势,从而提升产品质量和出口的稳定性;然而,人工智能的本质是一种替代技术,使用机器人并不能直接提升企业的技术水平。因此,机器人的应用对技术水平较高的贸易关系持续时间的提升效果较弱,企业只有通过长期的研发投入,将成本优势转化为技术优势后才能够见效。

## 五、基于质量提升视角的作用机制检验

理论分析表明,出口产品质量高于临界质量是贸易关系维持的必要条件,产品质量越高,贸易关系的失败概率越低,出口就越稳定。企业使用机器人可以形成质量提升机制,即通过提升产品质量来增强出口稳定性。具体而言,企业可以在短期内将成本优势转化为价格优势,实现产品质量的跃升,降低贸易关系失败的概率;而在长期通过研发投入将成本优势转化为技术优势,减缓由效用折现导致的质量衰减,将产品质量和出口稳定性维持在较高的水平。

考虑到传统的三步法存在内生性缺陷,本文采用Liu和Lu(2015)的方法检验上述机制<sup>[38]</sup>。估计过程分为两个阶段:第一阶段估计式(11)并得到Rob的拟合值,然后使用拟合值估计式(12),以确认Rob对中介变量的影响;第二阶段估计式(13)并得到中介变量的拟合值,然后使用拟合值估计式(14),以确认中介变量对贸易关系失败概率的影响。由于需要确保拟合值与扰动项正交,故本文对第二阶段的估计使用线性概率模型。

$$\text{Rob} = \alpha + \beta IV + \gamma \text{Control} + \eta + \mu + \epsilon \quad (11)$$

$$\text{Med} = \alpha + \beta \overline{\text{Rob}} + \gamma \text{Control} + \eta + \mu + \epsilon \quad (12)$$

$$\text{Med} = \alpha + \beta \text{Rob} + \delta \text{IV} + \gamma \text{Control} + \eta + \mu + \epsilon \quad (13)$$

$$\text{Fail} = \alpha + \beta \overline{\text{Med}} + \gamma \text{Control} + \eta + \mu + \epsilon \quad (14)$$

### (一) 机器人对出口稳定性的短期作用机制

表5第(1)列使用固定效应模型检验企业使用机器人对产品质量的影响,使用机器人的回归结果显著为正。第(2)列则使用线性概率模型检验产品质量对贸易关系失败概率的影响,产品质量的回归结果显著为负。为稳健起见,第(3)列使用基准的离散时间生存模型进行估计,亦得到了高度显著的结果。结合第(1)~(3)列的结果可知,企业使用机器人能够提升产品质量,有助于降低贸易关系失败的概率,增强出口的稳定性。

根据上文分析,出口产品质量的提升幅度越大,贸易关系失败概率的降低幅度也越大。机器人对出口产品质量的提升效果是否会随时间而变化?机器人通过这种方式对出口稳定性的增强效果能够维持多久?为了回答该问题,表5第(4)列保留使用机器人的企业样本,而第(5)列则进一步将样本区间控制在使用机器人前后各一年之间,以捕捉机器人对质量的冲击效应。比较两列结果发现,第(5)列的系数远大于第(4)列的系数,表明出口产品质量提升在使用机器人后的短期内更加显著。为进一步检验质量提升的滞后效应,第(6)列使用多期PSM-DID方法估计了式(15)中的多期模型,F值为0.75,通过了平行趋势检验。结果同样发现,机器人对产品质量的提升效果在当期最为显著,随着持续时间的增加而逐步减弱,由于机器人对出口稳定性的强化效应是通过提升产品质量来实现的,故该效应亦呈现出类似趋势,这也与上文中的图1和图4吻合。

$$\text{quality}_{\text{icht}} = \alpha + \sum_{s=-2}^2 \beta_s \text{Treat}_{\text{ich}} \times \text{Post}_{\text{icht}+s} + \sum \gamma \text{Control}_{\text{it}} + \eta_{\text{ich}} + \mu_t + \epsilon_{\text{icht}} \quad (15)$$

可能的解释是,企业使用机器人后,能够通过优化资源配置提升生产率,在短期内提升产品质量。然而,这种提升往往是通过将成本优势转化为价格优势实现的,竞争对手为争夺市场份额可能不得不被动降价,抑或是同样通过引入机器人获得类似的提升,最终导致机器人带来的价格优势逐渐被激烈的竞争所抵消。因此,这种提升作用是一种短期的冲击效应,质量的跃升可以在短期内降低贸易关系失败的概率,增强出口的短期稳定性。但是,随着时间的推移,质量的提升效果将逐渐减弱,机器人对出口稳定性的增强效应也将随之减弱。

表5 机器人对出口稳定性的短期作用机制检验

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
方法	FE	LPM	Logit	FE	FE	PSM-DID
变量名称	quality	Fail	Fail	quality	quality	quality
quality		-4.1220*** (-15.77)	0.0017*** (-834.99)			
Rob	0.0118*** (13.60)			0.0057*** (6.20)	0.0198*** (13.53)	0.0141*** (2.99)
Rob <sub>t+1</sub>						0.0066 (1.56)
Rob <sub>t+2</sub>						0.0048 (1.64)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业一目的国一产品	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	13511017	13511017	13060181	495122	34298	16512
R <sup>2</sup>	0.0244	0.1864		0.0392	0.0451	0.0670

### (二) 机器人对出口稳定性的长期作用机制

根据上文分析,人工智能的应用能够促进企业的研发投入,提高企业的技术进步率,这有助于企业对产品进行持续的更新换代,以抵消效用折现带来的质量衰减。相较于产品质量在短期的跃升,降

低质量的衰减速度等同于在长期提升产品质量。考虑其涉及的自回归系数难以作为变量直接加入模型,本文采用  $\beta_{a_{icht}} = \text{quality}_{icht} / \text{quality}_{icht-1}$  来衡量质量的变化。由于企业在度过出口试验阶段后和使用工业机器人后,产品质量会明显提升,故本文剔除  $\beta_{a_{icht}} \geq 1$  的样本,以排除出口试验和机器人短期效应带来的影响。 $\beta$  取值越接近 1,代表质量的衰减速度越慢。表 6 第(1)~(3)列分别使用与上文相同的方法进行检验,结果与预期相符,且高度显著,表明使用机器人能够减缓由效用折现导致的质量衰减,使产品质量维持在更高的水平,有助于增强企业长期的出口稳定性,再次说明了人工智能的质量提升机制。

最后,为直观检验使用机器人前后一阶自相关系数的变化,本文建立如下动态模型:

$$\text{quality}_{icht} = \alpha + \beta_1 \text{quality}_{icht-1} + \beta_2 \text{Rob}_{icht} \times \text{quality}_{icht-1} + \beta_3 \text{Rob}_{icht} + \gamma \text{Control}_{icht} + \eta_{ich} + \mu_t + \epsilon_{icht} \quad (16)$$

式(16)中,模型引入核心解释变量与质量滞后项的交互项,以估计使用机器人后一阶自回归系数的变化。表 6 第(4)列首先将其视作常规的固定效应模型,并进行估计。考虑到可能存在由残差自相关导致的不一致,第(5)列使用系统 GMM 估计。估计结果显示,交互项的系数显著为正,表明企业使用机器人能够降低产品质量的衰减速度。原因在于,部分企业在使用机器人后,将节约的成本用于研发投入,谋求长期的技术优势<sup>[32][39]</sup>,从而降低产品质量的衰减速度,使产品质量长期维持在较高水平,增强出口的长期稳定性。事实证明,长盛不衰的企业通常具有更为强大的技术更新能力。

表 6 机器人对出口稳定性的长期作用机制检验

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
方法	FE	LPM	Logit	FE	系统 GMM
变量名称	beta	Fail	Fail	quality	quality
beta		-8.2996 *** (-7.24)	0.0114 *** (-272.65)		
Rob	0.0045 ** (2.28)				
Rob × quality <sub>t-1</sub>				0.0675 *** (16.40)	3.1228 *** (10.04)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业一目的国一产品	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	2770459	2770459	2696776	5916100	4983851
R <sup>2</sup>	0.0122	0.1723		0.0160	

## 六、结论与启示

本文在已有研究的基础上,将消费者的效用折现和企业的技术进步纳入理论框架,分析了出口产品质量的动态变化趋势及其对贸易关系存续的影响,并据此分析了人工智能应用如何通过影响出口产品质量来增强企业的出口稳定性。在此基础上,本文采用 2000—2015 年中国海关数据库和工业企业数据库的微观匹配数据,以企业进口机器人作为人工智能应用的代理变量,考察了人工智能的应用对出口稳定性的影响及其质量提升机制。估计结果表明:其一,人工智能应用有助于降低贸易关系的失败概率,显著增强了出口稳定性,并且在经过一系列稳健性检验后,该结论依然成立;其二,基于企业、目的国与产品异质性的检验共同表明,技术水平是影响增强效果大小的重要因素,技术含量越低的贸易关系,人工智能对其稳定性的增强效果越明显;其三,基于质量提升视角的机制检验表明,人工智能通过直接提升产品质量、降低产品质量衰减速度的方式,延长贸易关系的持续时间。具体而言,人工智能的引入有助于企业优化资源配置,在短期内提高生产率,提升产品质量和出口稳定性;部分企业将节约下来的成本用作研发投入,将成本优势转化为技术优势,在长期保持较高的产品质量和出口稳定性。

在当前中国构建“双循环”格局的背景下,本文的研究结果具有以下启示:首先,产品质量高低是决定贸易关系能否持续的关键因素。在竞争日趋激烈的国际市场上,提高产品质量是增强企业出口稳定性的重要保障,而引入人工智能可以提升企业的产品质量,有助于增强企业的出口稳定性。其

次,人工智能本质上是一种替代技术,其替代的多为重复性的或简单识别判定的工作,因此,人工智能在技术含量相对较低的企业和产品上能发挥更加显著的作用,故企业应当根据自身出口的实际情况,合理引入人工智能。再次,尽管企业可以将人工智能带来的成本优势转化为价格优势,在短期内从中获益,但随着行业内人工智能大规模应用的提速,不断加剧的竞争可能会逐渐抵消短期的价格优势,故企业不能仅顾眼前利益,应当放眼长远,合理利用人工智能。最后,人工智能本身并不能直接提升企业的技术水平,企业只有通过研发投入和自主创新将人工智能带来的成本优势转化为技术优势,才能在新一轮产业变革中获得核心竞争力,以高质量产品立足于国际市场,从而获得长期稳定的收益。

#### 注释:

①例如中国2015年发布的《中国制造2025》,美国2016年发布的《人工智能、自动化与经济》和《国家人工智能研究和发展战略规划》等,日本2017年发布的《人工智能技术战略》,欧盟2018年发布的《欧盟人工智能》和《人工智能协调计划》等,英国、法国和印度等国也有相关文件出台。

②根据产品编码,机器人在HS8位编码体系中涉及84864031(工厂自动搬运机器人)、84289040(搬运机器人)、85152120(电阻焊接机器人)、85153120(电弧焊接机器人)、85158010(激光焊接机器人)、84248920(喷涂机器人)、84795090(其他工业机器人)、84795010(多功能工业机器人)共8种。

#### 参考文献:

[1] Acemoglu, D., Restrepo, P. Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2019, 33(2): 3—30.

[2] Blanas, S., Gancia, G., Lee, S. Y. Who is Afraid of Machines? [J]. *Economic Policy*, 2019, 34(100): 627—690.

[3] Acemoglu, D., Restrepo, P. The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment [J]. *American Economic Review*, 2018, 108(6): 1488—1542.

[4] 郭凯明. 人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动 [J]. *管理世界*, 2019(7): 60—77.

[5] 陈东, 秦子洋. 人工智能与包容性增长——来自全球工业机器人使用的证据 [J]. *经济研究*, 2022(4): 85—102.

[6] Brynjolfsson, E., Hui, X., Liu, M. Does Machine Translation Affect International Trade? Evidence from a Large Digital Platform [J]. *Management Science*, 2019, 65(12): 5449—5460.

[7] Artuc, E., Bastos, P., Rijkers, B. Robots, Tasks and Trade [Z]. *World Bank Policy Research Working Paper*, 2018, No. 8674.

[8] Krenz, A., Pretzner, K., Strulik, H. Robots, Reshoring, and the Lot of Low-skilled Workers [Z]. *GLO Discussion Paper*, 2020, No. 443.

[9] Berg, A., Buffie, E. F., Zanna, L. F. Robots, Growth, and Inequality [J]. *Finance and Development*, 2016, 53(3): 10—13.

[10] Besedeš, T. A Search Cost Perspective on Formation and Duration of Trade [J]. *Review of International Economics*, 2008, 16(5): 835—849.

[11] 綦建红, 张志彤. 机器人应用与出口产品范围调整: 效率与质量能否兼得 [J]. *世界经济*, 2022(9): 3—31.

[12] Faber, M. Robots and Reshoring: Evidence from Mexican Labor Markets [J]. *Journal of International Economics*, 2020(127): 103384.

[13] Jäger, A., Moll, C., Som, O., et al. Analysis of the Impact of Robotic Systems on Employment in the European Union [Z]. *Publications Office of the EU*, 2015.

[14] Destefano, T., Timmis, J. D. Robots and Export Quality [Z]. *Policy Research Working Paper*, 2021, No. 9678.

[15] 蔡震坤, 綦建红. 工业机器人的应用是否提升了企业出口产品质量——来自中国企业数据的证据 [J]. *国际贸易问题*, 2021(10): 17—33.

[16] 于欢, 何欢浪, 姚莉. 数字产品进口与中国企业出口质量 [J]. *中南财经政法大学学报*, 2022(5): 108—118.

[17] 蒋灵多, 陈勇兵. 出口企业的产品异质性与出口持续时间 [J]. *世界经济*, 2015(7): 3—26.

[18] 周定根, 杨晶晶, 赖明勇. 贸易政策不确定性、关税约束承诺与出口稳定性 [J]. *世界经济*, 2019(1): 51—75.

[19] 施炳展. 中国企业出口产品质量异质性: 测度与事实 [J]. *经济学(季刊)*, 2014(1): 263—284.

[20] 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.

[21] 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(10): 24—44.

- [22] 韩峰, 庄宗武. 国内大市场、人工智能应用与制造业出口国内附加值[J]. 世界经济研究, 2022(5): 33—47.
- [23] Besedeš, T., Prusa, T. J. Ins, Outs, and the Duration of Trade[J]. Canadian Journal of Economics, 2006, 39(1): 266—295.
- [24] 陈勇兵, 李燕, 周世民. 中国企业出口持续时间及其决定因素[J]. 经济研究, 2012(7): 48—61.
- [25] Baldwin, R., Harrigan, J. Zeros, Quality and Space: Trade Theory and Trade Evidence[J]. American Economic Journal: Microeconomics, 2011, 3(2): 60—88.
- [26] Khandelwal, A. K., Schott, P. K., Wei, S. J. Trade Liberalization and Embedded Institutional Reform: Evidence from Chinese Exporters[J]. American Economic Review, 2013, 103(6): 2169—2195.
- [27] Graetz, G., Michaels, G. Robots at Work[J]. Review of Economics and Statistics, 2018, 100(5): 753—768.
- [28] Acemoglu, D., Lelarge, C., Restrepo, P. Competing with Robots: Firm-level Evidence from France[J]. AEA Papers and Proceedings, 2020, 110(5): 383—388.
- [29] Melitz, M. The Impact of Trade on Intra-industry Reallocation and Aggregate Industry Productivity[J]. Econometrica, 2003, 71(6): 1695—1725.
- [30] Bartel, A. P., Ichniowski, C., Shaw, K. L. How does Information Technology Really Affect Productivity? Plant-level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement and Worker Skills[J]. Quarterly Journal of Economics, 2007, 122(4): 1721—1758.
- [31] Autor, D., Dorn, D., Katz, L. F., et al. The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms[J]. Quarterly Journal of Economics, 2020, 135(2): 645—709.
- [32] Bonfiglioli, A., Crino, R., Fadinger, H., et al. Robot Imports and Firm-level Outcomes[Z]. Cesifo Working Paper, 2020, No. 8741.
- [33] Acemoglu, D., Restrepo, P. Demographics and Automation[Z]. NBER Working Paper, 2018, No. 24421.
- [34] Fan, H., Hu, Y., Tang, L. Labor Costs and the Adoption of Robots in China[J]. Journal of Economic Behavior and Organization, 2021, 186(6): 608—631.
- [35] 李磊, 王小霞, 包群. 机器人的就业效应: 机制与中国经验[J]. 管理世界, 2021(9): 104—119.
- [36] Albornoz, F., Pardo, H., Corcos, G., Ornelas, E. Sequential Exporting[J]. Journal of International Economics, 2012, 88(1): 17—31.
- [37] 包群, 叶宁华, 王艳灵. 外资竞争、产业关联与中国本土企业的市场存活[J]. 经济研究, 2015(7): 102—115.
- [38] Liu, Q., Lu, Y. Firm Investment and Exporting: Evidence from China's Value-added Tax Reform[J]. Journal of International Economics, 2015, 97(2): 392—403.
- [39] 陈彦斌, 林晨, 陈小亮. 人工智能、老龄化与经济增长[J]. 经济研究, 2019(7): 47—63.

## Does Artificial Intelligence Help to Enhance Export Stability: From the Perspective of Quality Upgrading Mechanism

QI Jianhong CAI Zhenkun

(School of Economics, Shandong University, Jinan 250100, China)

**Abstract:** With the domestic and international economic environment becoming increasingly complicated, export stability plays an important role in maintaining China's steady economic growth. Based on theoretical analysis and the matching data of China Customs Database and Chinese Industrial Enterprises Database from 2000 to 2015, this paper adopts the discrete-time survival model to examine the impact of artificial intelligence (AI) on export stability which is measured by the duration of trade relationship. The findings show that application of AI results in a significant enhancement on export stability, which is particularly obvious in trade relations with low technical levels. In the duration of trade relations, the application of AI may reduce the failure probability of trade relations and enhance the export stability of enterprises by directly improving product quality and reducing the decay rate of product quality.

**Key words:** Artificial Intelligence; Export Stability; Duration of Trade Relationship; Export Product Quality; Discrete-Time Survival Model

(责任编辑: 易会文)