

# 中国 FTA 战略、价值链重塑与制造业 企业工序智能化

聂 飞 胡华璐 李 磊

**摘要：**本文采用 2000—2013 年中国制造业企业微观数据，选取中国—东盟自贸协定（CAFTA）作为准自然实验，结合双重差分因果识别策略，研究了 FTA 战略影响中国企业工序智能化的价值链重塑传导路径。实证结果表明，FTA 战略总体上延长了中国制造业企业前向价值链长度，对其价值链重塑具有促进作用，且通过了双重差分估计的有效性要求及其他稳健性检验。FTA 战略主要推动了中国制造业企业本土中间品部门对工业机器人等智能要素的使用，在价值链重塑传导作用下，企业国内工序智能化水平随之上升，而国际工序智能化水平随之下降；同时，价值链重塑发挥了人与工业机器人在任务分配上的比较优势，从而实现“人机和谐”。并非所有企业工序智能化都会受到 FTA 战略的影响，技术密集型行业的加工贸易企业在对高贸易壁垒伙伴国出口贸易的过程中，更加关注中间品的自主创新从而避免遭遇“卡脖子”风险，其通过价值链重塑对国内工序智能化转型的推动作用更为明显。

**关键词：**FTA 战略；全球价值链；工序智能化；人机和谐；中国—东盟自贸协定

[中图分类号] F740.6 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2023) 5-0088-15

## 引 言

近年来，智能制造因具备高技术、高附加值成为了中国制造业企业转变价值链参与方式时重点关注的领域。中国价值链重塑的重点在于推动制造业增值的“本土化”，即中国制造业整体上游度和生产复杂度正在显著提高，价值链向上游延伸，呈现出中间品由进口向国内供应转变的本土增值能力增强的特征（盛斌等，2020）<sup>[1]</sup>。为破除价值链“低端锁定”，制造业企业不应仅依靠廉价劳动力在产

[收稿日期] 2023-01-02

[基金项目] 国家社会科学基金青年项目“工业化后期阶段中国对外直接投资的去工业化效应及优化对策研究”（19CJY049）；中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“数字经济背景下‘人机分工’对企业绿色转型的影响研究”（2662022JGYJY02）

[作者信息] 聂飞：华中农业大学经济管理学院副教授；胡华璐（通讯作者）：华中农业大学经济管理学院硕士研究生，电子信箱 huhualu17836994394@163.com；李磊：南开大学跨国公司研究中心教授

品加工和组装环节所创造的有限附加值，还应通过工序智能化转型来谋求更为合理的利益分配。企业工序智能化转型的成效往往取决于本国能否与全球贸易伙伴建立紧密合作关系，这使得中国推行区域贸易自由化的步伐不断加快。迄今为止，中国已签署自由贸易协定（Free Trade Agreements, FTA）的数量达19个，涉及26个国家（地区），贸易额占比高达35%<sup>①</sup>。那么，自贸区是否促进了中国制造业企业价值链重塑？其价值链重塑是否向工序智能化方向转型？回答这些问题不仅有助于厘清价值链重塑视角下区域贸易自由化对中国制造业高质量发展的动力机制，还能为中国构建内外互促的开放经济新体制提供有益的经验证据和政策启示。

立足于国际生产分割现实，制造业工序智能化在提高企业工艺创新水平与流程生产效率之外，还会增强企业对进口中间品的吸收与转化能力，成为各国价值链重塑争相发展的新方向（Delera et al., 2022）<sup>[2]</sup>。中国制造业企业作为全球价值链（GVC）的重要组织者和参与者，其价值链重塑阶段的工序智能化现象受到了学界的高度重视。人工智能技术的广泛运用并延展至中国制造业企业的设计研发、制造和销售等国际分工环节，使得企业工序智能化转型取得了长足进步。在开放经济条件下，自贸区合作框架能够促进中国与贸易伙伴之间的商品、要素自由流动，承载着价值链重塑的重要功能，将会对制造业企业的贸易方式和生产模式产生深远影响，这便使基于价值链重塑探讨自贸区对制造业企业工序智能化转型的影响成为可能。鉴于此，本研究将弥补现有研究中关于FTA战略的价值链重塑及其工序智能化效应的空缺，具有一定的理论价值和现实意义。

本文边际贡献主要有以下几点：（1）本文将自贸区与企业工序智能化置于统一的研究框架内，在价值链重塑视角下探讨了自贸区对企业工序智能化的影响问题。相比现有的采用行业、国别等宏观数据研究自贸区对母国整体贸易利益分配的影响效应（Breuss, 2022）<sup>[3]</sup>，本文的研究更有益于从微观层面精准识别中国制造业企业参与GVC方式的演化，拓展了现有文献对企业工序智能化驱动因素的研究边界。（2）本文除探讨自贸区对企业价值链重塑及其工序智能化的影响之外，还从机制层面分析了自贸区通过价值链重塑对制造业企业人机关系的影响，将研究深度从“是什么”推进到“为什么”的层面，为中国企业借助于区域贸易自由化实现更高水平的国际分工与智能要素的有机融合指引了方向。（3）本文综合利用《中国海关数据库》（简称海关库）、《中国工业企业数据库》（简称工企库）、IFR数据库识别行业—企业层面的工序智能化水平，对传统行业层面工业智能化水平的指标进行了测度改进，并配合海关库识别的企业GVC分工地位指标与工企库提供的基础性指标，构建了一套适用于本研究的微观企业样本。

①资料来源：中国自由贸易区服务网，<http://fta.mofcom.gov.cn/>。

## 一、文献综述与理论假说

早期关税同盟理论和自贸区理论关注了成员间关税等歧视性条款与关税以外的非歧视性条款所引起的贸易创造效应和贸易转移效应 (Viner, 1950<sup>[4]</sup>; Robson, 1980<sup>[5]</sup>); 20世纪90年代以来, FTA 条款数量和复杂度不断提升, 新的贸易、投资形式不断涌现, 学界开始探索自由贸易区的价值链贸易和投资效应新范式 (Lawrence, 1996)<sup>[6]</sup>。已有部分实证研究表明, FTA 提高了中间品生产的契约保障率, 加强了贸易伙伴之间的中间品贸易, 对成员的 GVC 分工地位产生了正向影响 (Osnago et al., 2015)<sup>[7]</sup>。事实上, FTA 战略的实施推动了中国与区域贸易伙伴之间的互惠贸易, 这对中国制造业企业实现价值链重塑以及工序智能化具有重要作用。得益于自贸区关税减让、通关便捷化与审批程序简化等政策举措, 中国智能制造产品对贸易伙伴出口规模得以快速增长, 为扩大产品差异化程度和适应不同偏好的海外消费者需求, 制造企业会更倾向于延长前向价值链长度和增强创新能力, 采用工业机器人来提升中间品工艺创新水平和流程生产效率, 以创造更高附加值。基于自贸区框架下的区域生产网络, 中国制造业企业能够更加轻易地“俘获”工业机器人的研发、制造与销售等方面知识 (Cox and Harris, 1985)<sup>[8]</sup>, 通过“学习效应”对工业机器人相关智能技术进行吸收和转化, 以从事更高附加值的生产活动。自贸区还有助于中国制造业企业利用贸易伙伴的市场、要素禀赋等区位优势来实现纵向一体化 (Liu et al., 2019)<sup>[9]</sup>, 通过淘汰边际业务部门和对外转移非自动化工序, 促使本国企业增加工业机器人的密集使用以促进高附加值的研发和自动化生产, 从而实现由低附加值的加工制造模式向高附加值的智能制造模式的“腾笼换鸟”。在企业价值链重塑中, 企业工序智能化转型的侧重点也会随之变化。伴随制造业企业参与 GVC 分工的前向度上升, 企业对中间品的需求将由进口为主向本土供应为主转变, 从而激励其集中增加在本土中间品研发、生产等环节的工业机器人的使用, 进而减少对中间品进口加工环节的智能要素投入, 使得企业总体呈现国内工序智能化水平上升、国际工序智能化水平下降的同步状态。据此, 本文提出理论假说如下。

H1a: FTA 战略构成了企业价值链重塑的推动力。

H1b: FTA 战略通过价值链重塑将推动企业优先向国内工序智能化方向转型。

自贸区在一定范围内深化了生产分割, 尤其在中国与贸易伙伴的紧密经济联系下, 生产的国别界限变得日益模糊, 有利于区域内要素市场的匹配与整合, 将会提高企业产品附加值并实现价值链重塑。价值链重塑会如何影响企业智能化转型过程中的人机关系呢? 对此有必要结合 GVC 不同环节人与工业机器人的组合特性进行理解。学界围绕人机关系进行了激烈争论, 目前主要形成了“替代论”和“互补论”两种截然不同的观点。其中, 替代论观点认为制造业企业工序智能化转型将会加剧人与工业机器人之间的“竞赛”, 造成工业机器人对劳动力的替代效应 (Acemoglu and Restrepo, 2017)<sup>[10]</sup>。然而, 互补论观点则认为制造业企业工序智能化转型会产生岗位更迭, 创造出的一部分涵盖不同技能水平且难以被替代的工作岗

位,从而发挥工业机器人对劳动力的补偿效应 (Bughin, 2018)<sup>[11]</sup>。随着中国所处 GVC 分工位置由生产端工序主导向创新端工序主导的攀升,将会令制造业企业在生产部门中增加工业机器人的使用规模来减少对低技能劳动力的依赖,这当中工业机器人发挥了替代效应;价值链重塑还会增加制造业企业对高素质研发管理人才的需求且侧重于中间品生产的创新活动,企业通过人力资本与工业机器人等智能技术的适配能有效地整合任务模块,并对研发任务进度进行实时监测从而避免失序所引起的非效率,这当中工业机器人发挥了补偿效应。在生产部门替代效应和研发部门补偿效应的综合作用下,企业智能化转型将最大限度地发挥人与工业机器人的比较优势,形成人机和谐的新型组织管理模式。据此,本文提出理论假说如下。

H2: FTA 战略通过价值链重塑有利于形成人机和谐关系。

## 二、研究设计

### (一) 计量模型设定

CAFTA 的实施为本文评估 FTA 战略对中国制造业企业价值链重塑的影响提供了一个理想的准自然实验。在研究中国制造业企业价值链重塑时,主要考虑企业出口产品中的国内增加值和进口增加值,因此本文将中国出口导向型制造业企业作为研究样本。由于单个企业出口目的地存在多元性,即某家企业在特定年份可能会对多个国家(地区)进行进出口贸易,据此难以精准地区分处理组和控制组。借鉴 Defever 等 (2020)<sup>[12]</sup> 的研究,首先,根据海关库严格筛选中国企业的贸易对象,将样本划分为东盟国家组和非东盟国家组,若企业出口对象中包含任一东盟成员国,则该企业归属于东盟国家组,反之,则归属于非东盟国家组;其次,将中国企业对东道国进行的出口贸易份额作为判定依据,只有当企业与东盟国家的出口贸易份额均大于全部企业的出口贸易份额的中位数时,才将其视为主要与东盟国家进行贸易的中国企业,即处理组;最后,为确保自贸区不对控制组产生交互影响,将未与东盟国家进行出口贸易的中国企业视作控制组 (康妮等, 2018)<sup>[13]</sup>。基于上述设定,本文采用双重差分 (Difference-in-Differences, DID) 方法检验 CAFTA 自贸区政策对中国制造业企业价值链重塑的影响。具体计量模型设定如下:

$$DVAR_{it} = \beta_0 + \beta_1 CAFTA_i \times Post_t + X_{ijt} \gamma + \mu_i + v_j + \psi_t + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

其中,下标  $i$ 、 $j$ 、 $t$  分别表示企业、行业和年份。 $DVAR_{it}$  为被解释变量,表示制造业企业 GVC 分工地位。Kee 和 Tang (2016)<sup>[14]</sup> 使用国内增加值与总出口之比 (Domestic Value Added Ratio, DVAR) 衡量企业 GVC 分工地位。该方法利用工企库与海关库的匹配数据,对贸易代理商、中间投入品的间接进口、资本品进口等问题分别加以区别对待,在测算企业 GVC 分工地位的准确性上较佳。不失一般性,本文将从产品层面对制造业企业 GVC 分工地位进行测算,如下:

$$DVAR_{it} = \frac{DVA_{it}}{X_{it}} = 1 - \frac{M_{it} - \delta_{it}^K + \delta_{it}^F}{PY_{it}} \quad (2)$$

其中, $DVA_{it}$  为制造业企业出口的国内增加值,即用于出口商品生产的国内净

消耗;  $X_{it}$  和  $M_{it}$  分别表示制造业企业的出口额和进口额;  $\delta_{it}^k$  表示制造业企业的资本设备,  $\delta_{it}^f$  表示制造业企业国内中间商品投入成本中的国外部分, 鉴于企业层面的  $\delta_{it}^k$ 、 $\delta_{it}^f$  数据是无法直接获得的, 本文根据 BEC 编码识别进口中间资本品的目录, 再进行适当调整得到制造业企业资本设备  $\delta_{it}^k$ , 根据 KWWs 理论框架的增加值方法测算的制造行业层面进口商品国内增加值数值近似代替  $\delta_{it}^f$ ;  $PY_{it}$  表示制造业企业的总收入。 $DVAR_{it}$  为制造业企业出口附加值率, 该指标取值越接近于 1, 制造业企业 GVC 分工地位越高。

$CAFTA_i$  为区分处理组和控制组的事件虚拟变量, 若企业主要出口对象为东盟国家则取值为 1, 否则取值为 0。 $Post_t$  为时间虚拟变量, 用以识别企业所处阶段。鉴于 2005 年 CAFTA 的降税进程正式实施, 这标志着 CAFTA 全面拉开帷幕, 故将 2005 年作为 CAFTA 政策效应识别的起始年份, 若年份  $t$  在 2005 年及之后,  $Post_t$  取值为 1, 在 2005 年之前则取值为 0。设立交互项  $CAFTA_i \times Post_t$  来识别自贸区对制造业企业价值链重塑的影响。根据理论预期, 估计系数  $\beta_1 > 0$  表明 CAFTA 对中国制造业企业存在正向的价值链重塑效应。

$X_{ijt}$  是影响企业 GVC 分工地位的控制变量合集, 主要包括: (1) 企业规模 ( $\ln Size$ ), 使用企业固定资产净值自然对数表示; (2) 企业年龄 ( $\ln Age$ ), 使用统计年份与开业年份之差加 1 取自然对数表示; (3) 资本密集度 ( $\ln Kl$ ), 使用企业固定资产净值平均余额与员工人数之比的自然对数表示; (4) 融资约束 ( $Debt$ ), 使用企业负债总额与资产总额之比表示; (5) 利润水平 ( $Profit$ ), 使用企业营业利润与销售产值之比表示; (6) 产权性质 ( $Soe$ ), 使用虚拟变量表示, 其中国有企业取值为 1, 非国有企业取值为 0; (7) 行业集聚水平 ( $Hhi$ ), 使用 Herfindahl-Hirschman 指数表示。 $\mu_i$ 、 $v_j$ 、 $\psi_t$  分别表示企业、行业和年份固定效应,  $\varepsilon_{ijt}$  表示随机扰动项。

## (二) 数据来源说明

本文的研究样本为 2000—2013 年海关库、工企库、IFR 数据库等匹配的企业层面非平衡面板数据, 共包含 16 773 家出口导向型企业 90 443 个观测值<sup>①</sup>。其中, 处理组企业数量为 345 家, 样本观测值达 2 572 个。企业基础性指标来自工企库, 按 HS 编码的进出口贸易数据来自海关库, 后文采用的行业层面工业机器人数据来自 IFR 数据库, 行业层面的其他数据主要来自《中国工业统计年鉴》。鉴于人工智能主要应用于制造业领域, 本文主要利用制造业行业种类(二位数行业代码)机器人数据进行分析。由于工企库中的行业分类与 IFR 行业分类并不一致, 本文参照《国民经济行业分类(GB/T 4754-2002)》将中国二位数制造业行业分类代码统一到 2002 年标准, 再将其与 IFR 的制造行业代码进行匹配<sup>②</sup>。为确保数据质量,

<sup>①</sup>限于篇幅, 未报告描述性统计结果, 可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

<sup>②</sup>限于篇幅, 未报告《国民经济行业分类(GB/T 4754-2002)》与 IFR 的制造行业代码对照表, 可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

本文剔除了工企库中的异常样本点，并根据企业名称、邮政编码和电话号码后七位对数据进行了交叉匹配（聂飞，2023）<sup>[15]</sup>。另外，鉴于 2005 年之前退出市场的企业和 2005 年之后进入市场的企业并不适合本文 DID 评估要求，故在研究样本中将其剔除，剩余企业样本均跨越了 2005 年 CAFTA 政策生效的时间节点。

### 三、实证结果与分析

#### （一）FTA 战略对企业价值链重塑的影响

本部分将重点考察 FTA 战略对中国制造业企业价值链重塑的实际效应。具体来看，根据基准模型的设定，将标准误差聚类到行业层面，回归结果如表 1 所示。第（1）—（2）列为依次加入了企业—行业固定效应、企业—行业—年份固定效应的回归结果。交互项  $CAFTA \times Post$  的回归系数在 5% 的水平上均显著为正。第（4）—（5）列在前述回归基础上加入了随时间变化的企业和行业控制变量，交互项  $CAFTA \times Post$  的估计系数基本保持不变。处理组企业的 GVC 分工地位可能存在某种固有的变化趋势，忽略处理组因变量的潜在趋势将产生遗漏变量偏误，造成估计结果不可信。在表 1 的第（3）和第（6）列中均加入事件虚拟变量与时间趋势的交互项从而对处理组企业 GVC 分工地位自身可能的变化趋势予以控制。在控制处理组企业的时间趋势之后，虽然交互项  $CAFTA \times Post$  的估计系数有所下降，但仍保持为正且通过了 10% 的显著性水平。结果表明，FTA 战略的确带来了“制度红利”，得益于自贸区关税减让、通关便捷化与审批程序简化等政策举措，中国制造业企业在对自贸区贸易伙伴国进行出口贸易时，能借助于较低的贸易成本、频繁的知识溢出和纵向一体化来推动创新导向的前向价值链长度延伸，从而实现由低附加值加工制造业向高附加值智能制造业的 GVC 分工地位爬升，证实了理论假说 H1a。

表 1 FTA 战略对企业价值链重塑的影响结果

解释变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$CAFTA \times Post$	0.0841*** (0.0166)	0.0456** (0.0188)	0.0271** (0.0128)	0.0634*** (0.0167)	0.0455** (0.0180)	0.0244* (0.0124)
控制变量	否	否	否	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	否	是	是	否	是	是
处理组时间趋势	否	否	是	否	否	是
N	84 670	84 670	84 670	84 664	84 664	84 664
Adj-R <sup>2</sup>	0.8316	0.8337	0.8337	0.8332	0.8339	0.8339

注：括号内为聚类到行业层面的稳健标准误；\*、\*\*和\*\*\*分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。下表同。

## (二) DID 估计的有效性分析

## 1. 动态趋势检验

对 DID 模型进行估计的前提条件是,在自贸区政策未实施之前,处理组和控制组的被解释变量变化趋势应是一致的,即满足平行趋势假设。结合本文研究问题,需要对 CAFTA 政策对中国制造业企业价值链重塑的动态经济效应进行检验。鉴于 CAFTA 政策始于 2005 年,需要对 2005 年前后处理组和控制组的 GVC 分工地位的动态趋势进行识别。表 2 汇报了动态趋势检验结果。在 CAFTA 政策未生效之前,交互项的估计系数在统计学意义上近似为 0,说明此时处理组企业和控制组企业的 GVC 分工地位并不存在显著差异;在 CAFTA 政策生效当期及之后,处理组企业 GVC 分工地位相较于控制组企业出现了明显的上升趋势,且显著性水平始终保持高位。因此,动态经济效应检验结果表明样本通过了 DID 估计所需的平行趋势假设。

表 2 动态趋势检验结果

解释变量	估计系数	稳健标准误	t 值	p 值
$CAFTA \times Year_{k=-5}$	0.0240	0.0379	0.63	0.5320
$CAFTA \times Year_{k=-4}$	0.0238	0.0287	0.83	0.4140
$CAFTA \times Year_{k=-3}$	0.0535	0.0437	1.22	0.2100
$CAFTA \times Year_{k=-2}$	0.0371	0.0250	1.49	0.1490
$CAFTA \times Year_{k=-1}$	0.0295	0.0236	1.25	0.2210
$CAFTA \times Year_{k=0}$	0.0330	0.0246	1.34	0.1900
$CAFTA \times Year_{k=2}$	0.0728 ***	0.0196	3.71	0.0000
$CAFTA \times Year_{k=3}$	0.0959 ***	0.0228	4.21	0.0000
$CAFTA \times Year_{k=4}$	0.1166 ***	0.0212	5.51	0.0000
$CAFTA \times Year_{k=5}$	0.0660 **	0.0249	2.65	0.0130
$CAFTA \times Year_{k=6}$	0.1041 ***	0.0236	4.42	0.0000
$CAFTA \times Year_{k=7}$	0.0595 **	0.0221	2.69	0.0120
$CAFTA \times Year_{k=8}$	0.0795 ***	0.0242	3.28	0.0030
控制变量	是			
企业固定效应	是			
行业固定效应	是			
年份固定效应	是			
N	84 664			
Adj-R <sup>2</sup>	0.7964			

注:下标  $k$  用来识别 CAFTA 政策实施前后的期数,取值区间为  $[-5, 8]$ 。为规避回归过程中可能出现的多重共线性问题,本文剔除了事件发生后 1 年的观测值。 $Year_k$  为年份虚拟变量,若在第  $k$  期 CAFTA 政策生效,取值为 1,否则取值为 0。

## 2. 安慰剂检验

为保证 DID 估计结果的有效性, 还需要 CAFTA 政策对中国制造业企业价值链重塑的影响具有真实唯一性, 即需要进行安慰剂检验。本文采用以下两种方法进行: (1) 虚构事件时间。通过将某个事件发生时间提前并进行回归, 如果在虚构事件时间下的估计系数不显著, 说明被解释变量不会受到某些潜在的不可观测因素或相似政策事件的影响。考虑到样本数据结构, 本文将政策事件设定在 2005 年之前的某个时期, 分别为 2001 年、2002 年、2003 年、2004 年。(2) 虚构处理组企业。为考察事件是否会对处理组和控制组产生系统性冲击, 本文采用随机抽样的方法来构造“伪”处理组企业, 当事件对真实处理组企业的影响显著而对“伪”处理组企业的影响不显著时, 方可通过检验。由安慰剂检验结果可知, 虚构事件时间下的交互项估计系数均不显著, “伪”估计系数的  $t$  值集中分布在零值附近, 因此可以排除其他潜在的不可观测因素或相似政策事件对中国制造业企业 GVC 分工地位的影响<sup>①</sup>。

## 3. 样本选择性偏差

企业出口行为具有自发性和自选择性, 本文采用倾向性得分匹配 (Propensity Score Matching, PSM) 方法寻找那些与主要对东盟国家出口的中国制造业企业具有相同特征, 但却未对东盟国家进行出口的中国制造业企业作为“反事实”控制组, 以消除两组企业所面临的样本选择性偏差。本文选取企业规模、企业年龄、资本密集度、融资约束、利润水平、产权性质和行业集聚水平等作为协变量, 分别采用匹配比例为 1:1、1:2、1:3、1:4 的最小邻近匹配方法对样本进行匹配。结果表明,  $z$  统计量拒绝了处理组均值为 0 的原假设, 且估计系数在不同匹配比例下均显著为正, 与基准回归结果一致, 表明 CAFTA 政策的实施确实促进了中国制造业企业价值链重塑, 且通过了平衡性检验和共同支撑范围检验。基于上述四类匹配比例的最小邻近匹配方法所获得的缩减样本集估计可知, 交互项  $CAFTA \times Post$  的估计系数为正且保持显著, 说明 CAFTA 政策对中国制造业企业价值链重塑的影响不受样本选择性偏差的干扰<sup>②</sup>。

### (三) 稳健性检验

为增强回归结果的可信度, 本文给出了如下稳健性检验<sup>③</sup>:

#### 1. 替换测度指标

将企业出口国内增加值的对数形式  $\ln DVA$  作为 GVC 分工地位的替代指标; 同时, 采用吕越等 (2015)<sup>[16]</sup> 的方法测算的价值链嵌入度  $FVAR$  来替换原有的 GVC

<sup>①</sup>限于篇幅, 未报告安慰剂检验结果, 可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

<sup>②</sup>限于篇幅, 未报告 PSM-DID 的检验结果, 主要包括样本匹配实验结果、平衡性检验和共同支撑范围检验结果及基于匹配后样本的 DID 估计结果, 可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

<sup>③</sup>限于篇幅, 未报告稳健性检验结果, 可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。



分工地位指标<sup>①</sup>。

## 2. 两期 DID 估计

由于多时点数据的 DID 估计系数的显著性可能因数据年份之间的序列自相关问题而被高估 (Bertrand et al., 2004)<sup>[17]</sup>, 因此, 本文将总体样本划分为 CAFTA 生效前和 CAFTA 生效后两个区间, 并在两个区间对所有变量取算术平均值, 并对缩减形式的两期面板数据进行 DID 估计。

## 3. 平衡面板估计

在本文样本中, 处理组企业存在中途进入或退出两种特殊情况, 其中处理组企业进入市场情况发生于 CAFTA 政策正式生效之前, 而处理组企业退出市场的情况则发生于 CAFTA 政策正式生效之后。出于稳健性考虑, 本文将存在这两种特殊情况的处理组企业剔除, 采用 CAFTA 政策生效前后持续存在的处理组企业作为考察对象。为配合处理组样本量的减少, 将控制组中部分年份存在缺失值的企业一并剔除, 采用平衡面板进行估计。

## 4. 考虑金融危机事件

受到全球金融危机冲击, 加工制造业发展受阻使得中国加快了出口结构升级的步伐, 这对制造业企业价值链重塑产生了一定程度的影响, 本文将回归样本限制在 2008 年之前来控制这一冲击的影响。

### (四) FTA 战略、价值链重塑对企业工序智能化的影响

在证实 FTA 战略对中国制造业企业价值链重塑的促进作用之后, 企业参与国际分工的工序是否会向智能化方向转型也有待检验。本部分将重点考察 FTA 战略通过价值链重塑对中国制造业企业工序智能化转型方式的影响结果是否与理论预期相符。构建如下计量模型进行实证分析<sup>②</sup>:

$$INT_{it} = \beta_0 + \beta_1 CAFTA_i \times Post_t + \beta_2 DVAR_{it} + X_{it}\gamma + \mu_i + v_j + \psi_t + \varepsilon_{ijt} \quad (3)$$

其中,  $INT_{it}$  为衡量企业工序智能化转型的被解释变量, 分为国际工序智能化和国内工序智能化两种方式, 参考韩亚峰等 (2022)<sup>[18]</sup> 的研究, 采用工序贸易水平与工业机器人渗透度的乘积予以衡量。测算公式如下:

$$INTG_{ijt} = ITT_{jt} \times Robot_{ijt} = \sum_k \frac{X_{jkt}}{\sum_k X_{jkt}} \times \left( \frac{IM_{kt}}{Y_{kt} + IM_{kt} - EX_{kt}} \right) \times Robot_{ijt} \quad (4)$$

<sup>①</sup>考虑到制造业企业价值链重塑存在动态性, 本文还采用企业出口附加值的增长率 ( $DVA\_growth_{it}$ ) 和出口附加值率的增长率 ( $DVAR\_growth_{it}$ ) 及后文稳健性检验部分的企业价值链嵌入度的增长率 ( $FVAR\_growth_{it}$ ) 等作为价值链重塑的替代指标带入基准模型中进行估计。限于篇幅, 未报告 GVC 分工动态指标的回归结果, 可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

<sup>②</sup>考虑到价值链重塑与企业工序智能化之间可能存在因果互置的内生性问题, 参照现有研究的一般处理方式, 本文采用工具变量法对 (3) 式进行了验证。在考虑内生性之后, FTA 战略对企业国内与国际工序智能化的影响结果, 以及 GVC 分工地位对企业国内工序智能化转型的促进作用和对国际工序智能化转型的抑制作用均符合本文理论预期。限于篇幅, 未报告内生性检验结果, 可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

$$INTD_{ijt} = DTT_{jt} \times Robot_{ijt} = \sum_k \frac{X_{jkt}}{\sum_k X_{jkt}} \times \left( 1 - \frac{IM_{kt}}{Y_{kt} + IM_{kt} - EX_{kt}} \right) \times Robot_{ijt} \quad (5)$$

其中,  $ITT_{jt}$ 、 $DTT_{jt}$  分别表示第  $t$  年行业  $j$  的国际和国内工序贸易水平。国际工序贸易水平表示企业总产出消耗中的进口中间品所占份额, 而国内工序贸易水平则表示企业总产出消耗中的本土中间品所占份额, 国内工序贸易水平相较于国际工序贸易水平越高, 说明企业参与国际分工中所处位置越靠近 GVC 上游。 $X_{jkt}$  表示第  $t$  年行业  $j$  使用行业  $k$  的中间投入,  $\sum_k X_{jkt}$  表示第  $t$  年行业  $j$  使用中间投入总量,  $IM_{kt}$ 、 $EX_{kt}$  分别表示第  $t$  年行业  $k$  的进口量和出口量,  $Y_{kt}$  表示第  $t$  年行业  $k$  的总产出<sup>①</sup>。 $Robot_{ijt}$  表示第  $t$  年行业  $j$  内企业  $i$  的工业机器人渗透度, “行业—企业”层面的工业机器人渗透度指标参考王永钦和董雯 (2020)<sup>[19]</sup> 的研究, 利用 2000—2013 年 IFR 数据库提供的中国分行业工业机器人数据和工企库提供的劳动力就业数据, 将 2000 年设定为基期, 公式设定如下:

$$Robot_{ijt} = \frac{PWP_{ijt=2000}}{ManuPWP_{t=2000}} \times Density_{jt} \quad (6)$$

其中,  $PWP_{ijt=2000}$  表示 2000 年行业  $j$  内企业  $i$  的员工人数在行业中的占比;  $ManuPWP_{t=2000}$  表示 2000 年制造业所有企业员工人数在行业中占比的中位数;  $Density_{jt}$  表示第  $t$  年行业  $j$  的工业机器人密集度, 使用中国第  $t$  年行业  $j$  的工业机器人存量和 2000 年行业  $j$  的就业人数的比值衡量。表 3 中的第 (1) — (2) 列和第 (3) — (4) 列分别汇报了 FTA 战略、价值链重塑对企业国际工序智能化和国内工序智能化的影响结果。结果表明, CAFTA 政策对国际工序智能化和国内工序智能化的影响分别显著为负和正, 说明自贸区降低了中国制造业企业在中间品进口使用工序上的工业机器人使用, 而增加了其在本土中间品部门的机器人使用, 从而推动其优先向国内工序智能化方向转型。从 GVC 分工地位的估计系数看, 企业价值链重塑将会引起国际工序智能化水平下降与国内工序智能化水平上升, 说明企业参与前向价值链长度的上升会增强本土中间品竞争力, 降低其对进口中间品的依赖程度, 引起机器人等智能要素使用由侧重国际工序向侧重国内工序的转变, 证实了理论假说 H1b。

#### (五) 对人机关系的进一步探讨

FTA 战略通过价值链重塑是否提升了中国制造业企业人机和谐程度呢? 有别于现有研究对人机替代或互补关系的探讨, 本文研究更侧重于从结构主义视角来理解两者间的有机融合关系。为此, 参考谢康等 (2012)<sup>[20]</sup> 的研究, 本文对人机和谐程度指标进行了测算。由于现实中可统计观察的融合结果是在摩擦成本冲击下经协调成本调整后的结果, 测度人机融合水平就需要将实际水平与理想水平进行比较。因此, 如何估计劳动力 (工业机器人) 系统发展所要求的工业机器人 (劳动力) 系统的理想发展水平成为测度融合水平的关键。首先, 建立人机系统的非参数随机

<sup>①</sup>行业间的投入—产出数据来自 2016 年版 WIOD 数据库。

前沿模型。分别设定劳动力带动工业机器人融合和工业机器人带动劳动力融合的方程如下：

$$R_{it} = R'_{it} + \varepsilon_{it} = f(E_{it}, i, t) + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$E_{it} = E'_{it} + \varepsilon_{it} = f(R_{it}, i, t) + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中,  $R_{it}$ 、 $E_{it}$  分别代表企业  $i$  在年份  $t$  工业机器人系统和劳动力系统的实际值。 $R'_{it} = f(E_{it}, i, t)$  表示企业劳动力系统发展所要求的工业机器人系统的理想发展水平, 以刻画劳动力带动工业机器人的路径;  $E'_{it} = f(R_{it}, i, t)$  表示企业工业机器人系统发展所要求的劳动力系统的理想发展水平, 以刻画工业机器人带动劳动力的路径。 $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项。非参数模型 (7) — (8) 的设定对人机系统融合形式不作任何限制, 个体和时间效应不是以简单线性形式作用于融合过程, 具有一定的灵活性, 符合人机协同分工的过程和动态特征。其次, 本文采用 Henderson 等 (2008)<sup>[21]</sup> 提出的非参数局部线性估计方法对上述非参数模型进行求解, 分别得到企业  $i$  于时间  $t$  的劳动力带动工业机器人的融合系数  $IC1_{it}$  和工业机器人带动劳动力的融合系数  $IC2_{it}$ 。最后, 根据王维国 (2000)<sup>[22]</sup> 协调系数判断方法, 将人机系统融合系数设定为:

$$IC_{it} = \frac{\min \{IC1_{it}, IC2_{it}\}}{\max \{IC1_{it}, IC2_{it}\}} \quad (9)$$

上式表达了人机和谐程度, 即劳动力带动工业机器人、工业机器人带动劳动力两个单向系统融合之间的差距, 差距越小越接近 1。本文进一步在 (3) 式中将  $IC_{it}$  作为被解释变量进行检验, 估计结果如表 3 中的第 (5) — (6) 列所示。结果表明, CAFTA 政策对制造业企业人机和谐程度的正向提升作用在 1% 水平上显著成立; 同时 GVC 分工地位提升对企业人机和谐总体上也存在促进作用。结合之前的研究结论可知, FTA 战略通过价值链重塑推动了国内工序智能化转型, 有利于发挥人与工业机器人的比较优势, 形成人机和谐的新型组织管理模式, 证实了理论假说 H2。

表 3 FTA 战略影响工序智能化的价值链重塑路径

解释变量	国际工序智能化		国内工序智能化		人机关系	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$CAFTA \times Post$	-0.0066 ** (0.0032)	-0.0076 ** (0.0036)	0.0028 ** (0.0010)	0.0031 ** (0.0015)	0.0117 * (0.0064)	0.0090 * (0.0047)
$DVAR$		-0.0006 * (0.0003)		0.0006 * (0.0003)		0.0059 * (0.0035)
控制变量	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
N	90 438	84 664	90 438	84 664	90 438	84 664
Adj-R <sup>2</sup>	0.7503	0.7527	0.3149	0.3252	0.5098	0.5052

## 四、异质性检验

本文还从企业贸易方式、行业密集度、东道国贸易壁垒三个方面进行了异质性检验<sup>①</sup>。

### （一）区分企业贸易方式

FTA 战略影响工序智能化的价值链重塑路径对于所有制造业企业都是同质的吗？为检验这一点，本文根据是否存在加工贸易行为，将所有样本划分为加工贸易企业和一般贸易企业，再对 FTA 战略影响工序智能化的价值链重塑路径进行分样本估计。结果表明，自贸区政策实施对一般贸易企业 GVC 分工地位的影响为正但不显著，而对加工贸易企业 GVC 分工地位的影响显著为正，说明 FTA 战略主要促进了加工贸易企业实现更高水平的价值链重塑。价值链重塑促进了加工贸易企业在国内工序中的工业机器人使用量，减少了其在国际代工环节中的机器人使用量，加工贸易企业主要将工业机器人用于本土增值环节的中间品研发与智能制造工序。此外，价值链重塑提升了加工贸易企业的人机和谐程度。

### （二）区分行业密集度

FTA 战略影响工序智能化的价值链重塑路径在不同密集度行业企业中存在差异吗？在前述研究中，本文认为 FTA 战略对工序智能化的异质性影响主要是由不同类型企业对劳动力的依赖程度的差异所导致的。但这是否是唯一原因？FTA 战略对工序智能化的影响是否会反映在技术密集型企业中？为检验这一点，本文按照马盈盈和盛斌（2018）<sup>[23]</sup> 的方法将样本分为两组：技术密集型企业和非技术密集型企业。然后分别进行估计，结果表明，自贸区政策的实施显著促进了技术密集型企业和非技术密集型企业价值链重塑，而 GVC 分工地位提升对技术密集型企业工序智能化转型的影响相比非技术密集型企业更为显著。价值链重塑主要引起了技术密集型企业国内工序智能化水平上升和国际工序智能化水平下降，其对人机和谐程度的正向影响显著存在。

### （三）区分东道国贸易壁垒

FTA 战略影响工序智能化的价值链重塑路径是否与东道国的贸易壁垒有关呢？自贸区政策与制造业贸易壁垒之间的结构性矛盾是导致 GVC 分工放缓的主要原因。较高的贸易壁垒阻碍了中国与贸易伙伴之间的商品流动，企业因获得进口中间品受阻而被迫重新考量中间品的外包决策和分工模式，转而从事中间品的自主研发与生产，延长前向价值链长度。参考刘斌和赵晓斐（2020）<sup>[24]</sup> 的量差法测算各国制造业贸易壁垒，根据企业出口对象，将对各国的出口贸易占比作为权重，对先行测算的各国制造业贸易壁垒进行加权，计算企业出口所面临的贸易壁垒水平；然后，取中位数将样本划分为高贸易壁垒和低贸易壁垒两组分别予以估计。结果表明，自贸区政策对高贸易壁垒伙伴国出口的制造业企业价值链重塑

<sup>①</sup>限于篇幅，未报告异质性检验结果，可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

的促进作用显著，价值链重塑主要提升了其国内工序智能化水平和人机和谐程度。

## 五、结论与政策启示

本文通过将海关库、工企库的企业微观数据与基于 IFR 数据库提供的工业机器人数据进行匹配，将 CAFTA 政策生效作为典型准自然试验，采用 DID 识别策略实证考察了 FTA 战略对中国企业参与 GVC 分工及工序智能化转型的影响。本文的研究结论如下：（1）FTA 战略的推进有利于中国制造业企业价值链重塑，形成由进口中间品加工增值模式向本土中间品研发增值模式的转变。（2）FTA 战略使得制造业企业工序智能化转型遵循 GVC 分工地位演变的一般规律，即中国企业会减少对进口中间品工序的机器人使用而增加对本土中间品研发、生产上的机器人使用，国内和国际工序智能化水平将随之上升和下降。（3）FTA 战略通过价值链重塑深刻影响了制造业企业人机关系，机器人在生产部门发挥了对低技能劳动力的替代效应并在研发部门发挥了对高技能劳动力的补偿效应，总体上有利于提升生产流程自动化和自主创新效率，从而形成人机和谐的新型组织管理模式，从结构主义视角回应了当前对于工业机器人应用会带来负面冲击的过度担忧。（4）FTA 战略对企业价值链重塑、工序智能化转型的影响存在异质性，表现为技术密集型行业的加工贸易企业在对高贸易壁垒伙伴出口贸易的过程中，更加关注中间品的自主创新从而避免遭遇“卡脖子”风险，其中通过价值链重塑对国内工序智能化转型的推动作用更为明显。

本研究对进一步发挥 FTA 战略对中国制造业企业实现高附加值的国内工序智能化的驱动作用具有以下政策启示：（1）中国应将 FTA 战略与国内实体经济发展模式转型深度融合，在区域自由贸易合作框架下充分利用国内国际要素和市场，及时优化资源配置和产业布局，推动制造业新模式、企业新业态的形成，从而促进中国产业向 GVC 高端升级。（2）利用自贸区内商品、要素自由流动的独特优势，拓宽产品销售市场和技术来源，将人工智能与机器人技术应用于技术密集型的加工贸易企业中，真正实现制造业企业“降本增效”。面对西方发达国家对华愈演愈烈的技术封锁，需要企业转变高端中间品过度依赖国际工序的惯性思维，注重国内研发工序中的智能要素使用，形成 GVC 上游产业环节中的比较优势，从而实现战略赶超。（3）借助 FTA 战略下的区域合作契机，构建人机和谐的新型组织管理模式。自贸区强调区域国别（地区）间的专业化分工能力，当前与中国签署并生效的自贸区合作伙伴大多为拥有廉价劳动力的发展中经济体，中国可凭借区域生产网络对外剥离非自动化环节，发展更为先进的智能制造业，更好地发挥其强溢出效应带动其他产业的发展。在价值链前向度不断延伸过程中，顺势推动机器人在全产业链应用；要不断增强各环节工业机器人与人之间的任务分配适配度，推动企业组织管理模式创新，加快形成协调、共生的人机和谐关系，推动中国经济包容性增长。

[参考文献]

- [1] 盛斌, 苏丹妮, 邵朝对. 全球价值链、国内价值链与经济增长: 替代还是互补 [J]. 世界经济, 2020 (4): 3-27.
- [2] DELERA M, PIETROBELLI C, CALZA E, et al. Does Value Chain Participation Facilitate the Adoption of Industry 4.0 Technologies in Developing Countries? [J]. World Development, 2022, 152: No. 105788.
- [3] BREUSS F. Who Wins from an FTA Induced Revival of World Trade? [J]. Journal of Policy Modeling, 2022, 44 (3): 653-674.
- [4] VINER J. The Customs Union Issue [M]. New York: Carnegie Endowment for International Peace, 1950.
- [5] ROBSON P. The Economics of International Integration [M]. London: George Allen & Unwin Ltd, 1980.
- [6] LAWRENCE R Z. Regionalism, Multilateralism, and Deeper Integration [M]. Washington D. C.: Brookings Institution Press, 1996.
- [7] OSNAGO A, PIERMARTINI R, ROCHA N. Trade Policy Uncertainty as Barrier to Trade [R]. WTO Staff Working Paper, 2015.
- [8] COX D, HARRIS R. Trade Liberalization and Industrial Organization: Some Estimates for Canada [J]. Journal of Political Economy, 1985, 93 (1): 115-145.
- [9] LIU Q, QIU L D, ZHAN C. Trade Liberalization and Domestic Vertical Integration: Evidence from China [J]. Journal of International Economics, 2019, 121: No. 103250.
- [10] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Secular Stagnation? The Effect of Aging on Economic Growth in the Age of Automation [J]. American Economic Review, 2017, 107 (5): 174-179.
- [11] BUGHIN J. Why AI Isn't the Death of Jobs [J]. MIT Sloan Management Review, 2018, 59 (4): 42-46.
- [12] DEFEVER F, IMBRUNO M, KNELLER R. Trade Liberalization, Input Intermediaries and Firm Productivity: Evidence from China [J]. Journal of International Economics, 2020, 126: No. 103329.
- [13] 康妮, 刘乾, 陈林. 自由贸易协定与劳动人口就业—基于“中国—东盟自贸区”的公共政策准实验 [J]. 国际贸易问题, 2018 (10): 104-117.
- [14] KEE H L, TANG H. Domestic Value Added in Exports: Theory and Firm Evidence from China [J]. American Economic Review, 2016, 106 (6): 1402-1436.
- [15] 聂飞. 价值链重塑视角下的中国企业对外直接投资和智能化 [J]. 国际贸易问题, 2023 (1): 108-123.
- [16] 吕越, 罗伟, 刘斌. 异质性企业与全球价值链嵌入: 基于效率和融资的视角 [J]. 世界经济, 2015 (8): 29-55.
- [17] BERTRAND M, DUFLO E, MULLAINATHAN S. How Much Should We Trust Differences-in-Differences Estimates? [J]. The Quarterly Journal of Economics, 2004, 119 (1): 249-275.
- [18] 韩亚峰, 王全良, 赵叶. 价值链重塑、工序智能化与企业出口产品质量 [J]. 产业经济研究, 2022 (4): 114-126.
- [19] 王永钦, 董雯. 机器人的兴起如何影响中国劳动力市场? ——来自制造业上市公司的证据 [J]. 经济研究, 2020 (10): 159-175.
- [20] 谢康, 肖静华, 周先波, 等. 中国工业化与信息化融合质量: 理论与实证 [J]. 经济研究, 2012 (1): 4-16+30.
- [21] HENDERSON D J, CARROLL R J, LI Q. Nonparametric Estimation and Testing of Fixed Effects Panel Data Models [J]. Journal of Econometrics, 2008, 144 (1): 257-275.
- [22] 王维国. 协调发展的理论与方法研究 [M]. 中国财政经济出版社, 2000: 227-228.
- [23] 马盈盈, 盛斌. 制造业服务化与出口技术复杂度: 基于贸易增加值视角的研究 [J]. 产业经济研究, 2018 (4): 1-13+87.
- [24] 刘斌, 赵晓斐. 制造业投入服务化、服务贸易壁垒与全球价值链分工 [J]. 经济研究, 2020, 55 (7): 159-174.

## Chinese FTA Strategy, GVC Reshaping and Manufacturing Firms' Process Intelligentization

NIE Fei HU Hualu LI Lei

**Abstract:** Using micro-level data of Chinese manufacturing firms from 2000 to 2013, this paper selects the China-ASEAN Free Trade Agreement (CAFTA) as a quasi-natural experiment and combines a Difference-in-Differences identification strategy to study global value chain reshaping transmission paths that FTA strategy influence Chinese manufacturing firms' process intelligentization. The empirical results show that the FTA strategy generally extends the forward value chain length of Chinese manufacturing firms and promotes GVC reshaping. The baseline results are robust to alternative specifications, and the assumptions of DID estimation are satisfied. The FTA strategy mainly promotes the adoption of intelligent elements such as industrial robots by local intermediate departments of Chinese manufacturing firms. Under the transmission effect of GVC reshaping, the level of domestic process intelligentization of firms increases while the level of international process intelligentization decreases. Simultaneously, GVC reshaping leads to a comparative advantage in task allocation between humans and industrial robots, achieving "human-machine harmony". However, not all firms' process intelligentization are affected by the FTA strategy, the processing trade firms in technology-intensive industries focus more on independent innovation of intermediate goods to avoid the risk of "bottleneck" in exports with partner countries of high trade barriers. In such cases, the promoting role of GVC reshaping in the transformation of domestic process intelligentization is more evident.

**Keywords:** FTA Strategy; Global Value Chain; Process Intelligentization; Human-Machine Harmony; CAFTA

(责任编辑 白光)