

智能制造技术对我国出口贸易壁垒的影响

——基于句法和语义分析的实证研究

赵 烁

摘要 在我国大力推进“制造强国”战略的背景下,智能制造已经成为中国战略转型的重要着力点。智能制造在改变生产方式的同时,也对我国的出口贸易产生了深刻影响。智能制造可以优化劳动力结构,促进技术创新,降低生产成本,以此提高企业的相对效率和出口竞争力,打破贸易壁垒。创新型智能制造对贸易壁垒的削减作用十分显著,而引入型智能制造的影响并不明显。自身创新程度越低、劳动力密集度越高、低技能劳动力占比越高的企业,在引入智能制造后,弱化其所遭受的贸易壁垒的作用更加明显。为增强我国的出口竞争力,未来我国政府和业界应继续加大智能制造的力度,不断优化制造业结构,推动制造业升级转型。

关键词 智能制造;相对效率;贸易壁垒;句法分析;语义分析

中图分类号 F425 **文献标识码** A **文章编号** 1672-7320(2026)02-0180-13

基金项目 中国社会科学院学科建设“登峰战略”资助计划项目(DF2023YS24)

作为拉动我国经济发展的“三驾马车”之一,出口贸易的高速发展是我国经济增长的重要内核驱动力^{[1][2]},对于我国发展国民经济、稳定经济形势始终起着至关重要的作用^[3]。近年来,我国的贸易出口增长呈现减缓的趋势,除受到国际金融危机、新冠疫情、地缘政治等不可抗力的客观因素影响外,贸易保护主义盛行也是较为严重的制约因素^[4]。世界贸易组织(World Trade Organization,后文简称WTO)统计数据显示,2009-2023年我国遭遇的技术性贸易壁垒(Technical Barriers to Trade,后文简称TBT)超过1900次,其中电子元件制造业更是长期受到欧盟为首国家的贸易制裁。截至2022年,我国已经连续22年成为全球遭遇反倾销调查最多的国家,连续11年成为全球遭遇反补贴调查最多的国家。可见,我国虽然已经成为世界第二大经济体,但要保持长期国际市场竞争力,打破贸易壁垒是重中之重。除外交途径以及国际合作之外,打破出口贸易壁垒的一个主要战略点就是优化自身经济体系,尤其是优化制造业的产业结构。智能制造技术作为党的二十大报告认定的“推进新型工业化,加快建设制造强国”的重要着力点,在2025年10月结束的党的二十届四中全会上依然被认定为我国“十五五”期间经济转型的新型生产方式,其对于我国制造业市场中的优化升级正是我国优化自身产业结构、提高制造业出口竞争力的新引擎和新动力。在此背景下,本文探究了智能制造对我国出口贸易壁垒的影响。

笔者以我国沪深A股上市公司为研究对象,运用自然语言处理(Natural Language Processing,后文简称“NLP”)的文本句法分析法,确定样本上市公司年报中的“智能制造”相关语句,利用其占总句数的比例构造了智能制造整体应用水平变量。此外,还通过文本语义分析方法,区分每家上市公司的引入型智能制造和创新型智能制造。通过对年度公司平均智能制造相关语句的分析,图1展示了我国2009-2023年间上市公司的平均智能制造整体应用程度,我们发现智能制造相关语句占比呈现逐年上升的趋势,即智能制造的确在我国经济体系中起到越来越重要的作用。引入型和创新型智能制造应用程度也

均在逐年上升,引入型占比始终高于创新型,但创新型的增长速度略高于引入型,这表明我国制造类企业对智能制造的利用更多是以直接引进先进技术设备为主,自主创新份额较少。但可以看到,近几年自主创新型智能制造技术设备的利用比重也在呈现利好趋势。以上结论仅为初步直观分析,后文会通过实证加以检验。

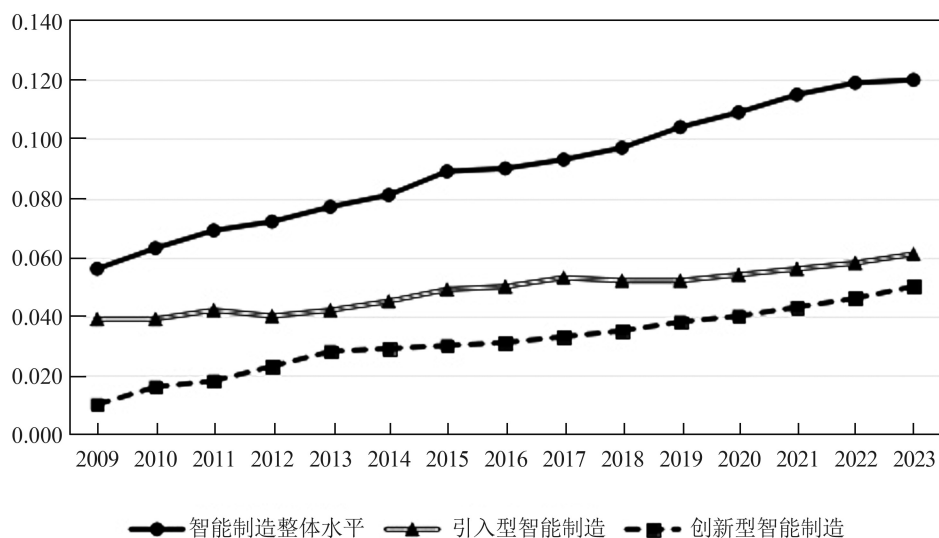


图1 智能制造应用程度时间趋势

数据来源:通过对上市公司年报进行文本句法分析和语义分析所得。

边际贡献主要体现在三个方面:第一,参考彭俞超等人的方法^[5],通过NLP中的句法分析法识别并构造了公司层面“智能制造”应用的衡量指标,实证研究了智能制造对于公司出口贸易壁垒的降低作用。以往文献在研究人工智能等新兴技术时,主要是通过构造行业或地域层面的宏观理论模型来研究技术变革带来的经济影响^{[6][7][8][9]},缺乏通过更为精准的公司层面变量带来的研究结论,目前也未有文献直接探讨智能制造对出口贸易的影响。第二,通过NLP中的语义分析法,创新性地将智能制造划分为引入型和创新型,辨析了两者的内涵,指出创新型智能制造更会成为中国出口贸易增长核心驱动力的现象。第三,在肯定智能制造对企业出口贸易积极作用的同时,着重强调了相对效率的重要作用,指出这一作用对于传统制造业的影响更为明显,这为今后政府业界制定规划提供了借鉴。

一、文献综述与研究假设

已有研究普遍认同的智能制造影响出口贸易是通过劳动力优化、技术创新、生产率提升以及成本节约四种途径完成的。关于劳动力优化效应,孙早和侯玉林证明了智能制造带来的“机器换人”可以促使企业拥有更多的高技能劳动力,而劳动力结构的优化升级正是智能制造对出口贸易产生影响的重要渠道^[10]。袁劲等证明了智能制造可以通过促进制造业人力资本升级来促进出口^[11],刘红英和钟华明针对发展中国家的研究也得到了相同的结论^[12]。关于技术创新效应,唐晓华和李茹证明了技术水平是智能制造提升制造业出口稳定性的重要途径^[13]。柯明等证明了人工智能可以通过促进企业创新水平的内部作用机制来促进制造业的出口升级^[14]。张兵兵等也论证了人工智能可以通过促进企业创新和优化企业要素配置结构两条渠道提升企业的出口技术复杂度^[15]。关于生产率提升效应,何小钢等证明了智能制造可以通过提高企业生产率和产品质量来促进企业出口,帮助企业实现效率和质量的双赢^[16]。马野青等同样以提高企业全要素生产率与提升出口产质量两个渠道为切入点,论证了工业智能化可以降低企

业的出口生存风险^[17]。金祥义和张文菲则发现,生产率提升效应和信息成本削减效应是人工智能促进出口产品持续时间提升的重要渠道^[18]。关于成本节约效应,范冬梅和李莹认为智能制造可以通过提高企业出口产品价格、降低劳动力成本来提升企业出口加成率^[19]。金祥义和张文菲则证明了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^[20]。以上各种效应统一归结为企业的相对效率,即引入智能制造技术或产品后,企业的相对效率可以通过人力资本升级、创新能力提升、生产率水平提高以及生产成本降低来得到提高。

企业相对效率的提高可以增加我国出口产品的竞争优势,但这可能对我国出口企业遭受的贸易壁垒带来双向影响。一方面,进口国为了帮助本国消费者享受到成本更低、技术含量更高的消费品而拆除对我国出口企业的贸易壁垒。另一方面,进口国出于对自己企业的保护也可能加固针对我国出口企业的贸易壁垒,造成我国贸易顺差回流。针对以上两种影响,提出研究假设H1a和H1b:

假设H1a:智能制造可以提高我国出口企业的相对效率,弱化出口企业遭受的贸易壁垒。

假设H1b:智能制造可以提高我国出口企业的相对效率,进口国的反向保护可能强化我国出口企业遭受的贸易壁垒。

在出口企业相对效率的构成因素中,技术创新是最能从出口方内源角度出发,来优化出口贸易条件的因素^[21]。技术创新可以显著改善企业的生产效率^{[3][22]},降低企业的运营成本并提升企业的管理效率^{[18][23]},可能显著促进企业的对外直接投资^[24],这些均可以对企业相对效率产生直接的积极影响。目前的研究普遍认为,技术创新是公司保持长期相对效率的关键因素^[25],相比于其它因素,更利于企业从内部优化自身结构和生产方式^{[26][27]},提高自身相对效率。但出口企业创新能力的提升,也可能带来双向影响。一方面,高创新附加值的产品有助于我国出口企业提高自身竞争力,打破贸易壁垒的限制^[28]。另一方面,较高的技术创新水平也可能带来进口国对我国高科技出口企业的恶意贸易限制甚至贸易封锁,强化我国出口企业遭受的贸易壁垒。引入其他国家智能制造技术的企业,由于需要向其他国家支付技术版权费或专利费,可能增强本国企业对国际市场的依赖程度而更易于弱化贸易壁垒。针对以上两种分析,提出假设H2a和H2b:

假设H2a:相对于引入型智能制造,创新型智能制造更易于弱化我国企业遭受的出口贸易壁垒。

假设H2b:相对于创新型智能制造,引入型智能制造更易于弱化我国企业遭受的出口贸易壁垒。

二、数据、变量与模型

本节分别对文章的样本数据、变量以及模型进行阐释。

(一) 样本选择与数据来源

使用2009-2023年的沪深A股上市公司为研究对象,依次剔除如下样本:1. ST、*ST和PT公司,此类公司属于非正常样本,按惯例剔除;2. 金融类上市公司,此类公司的会计报告制度与其它公司不一致,按惯例剔除;3. 相关财务数据缺失的公司样本。其中上市公司年报信息来自中国证券监督管理委员会网站;上市公司相关财务数据来自万德(Wind)数据库;上市公司的专利数据来自国家知识产权局;出口相关数据来自锐思(RESET)数据库中的《中国海关进出口全口岸数据库》;技术性贸易措施异议相关数据来自于WTO技术性贸易措施通报系统的《TBT-STC案例数据库》。所用样本起始于2009年主要是为了排除2008年金融危机所带来的影响,截止于2023年是由于《中国海关进出口全口岸数据库》的数据限制。参考金祥义和戴金平以及李宏等的方法^{[29][30]},对2009-2023年的万德上市公司数据和《中国海关进出口全口岸数据库》进行匹配后,最终我们得到了涉及3019家公司的24662个观测值。

(二) 变量构造

下面重点阐述核心解释变量“智能制造”以及分类别“智能制造”的测度方法,阐述被解释变量“贸易壁垒”的三种构造方法和中介变量“相对效率”的衡量方式。

1. 智能制造

核心解释变量“智能制造”(Intelligence_All)是一个相对抽象的概念,难以找到一个具体指标来量化。测度方式结合国家工业和信息化部对“智能制造”的定义以及政府文件和业界报告关于“智能制造”的案例和表述,首先确定了与“智能制造”相关的关键词语,包括:智能制造、智能机器、智能生产、机器人、全自动、全机器。在此基础上,参考彭俞超等的研究方法^[5],基于上市公司年报的文本信息,通过NLP的文本句法分析方法确定年报每一个句子的主语及修饰主语的定语是否属于“智能制造”关键词的范畴,若属于则确定该句话为“智能制造”相关语句,最终以上市公司年报中“智能制造”相关语句占全文句子总数的百分比(%)来构造“智能制造”的衡量变量。需要指明的是,公司使用智能制造技术具有一定的长期性,为体现这一长期性特性,采取的测度方法是:若某一年公司年报关键词语句所占的比例少于上一年,则以上一年的百分比作为当年衡量指标;若多于上一年,则以当年百分比作为衡量指标。我们还以上市公司年报中是否存在“智能制造”相关语句构建虚拟变量进行稳健性检验。最终,样本中包含“智能制造”关键词的语句共有涉及620个公司的5199个观测值。

验证“智能制造”指标的有效性,则参考张叶青等人的研究方法^[31]。对上市公司年报抽样分析,发现“智能制造”相关语句所占百分比确实可以反映与智能制造相关的业务转型和战略规划。在样本公司中尽可能搜集投资明细中包含“智能”“机器”“自动(化)”相关名词的投资项目及相应投资金额,使用分仓散点图(Binned Scattered Plot)证实了“智能制造”衡量指标与相关投资具有强相关性(P值<0.01)。在将相关投资数字取对数回归到“智能制造”指标后,结果依然成立。以上均证明,采用文本分析法得到的“智能制造”指标,可以准确反映公司实际的智能机器设备投入。

2. 引入型智能制造与创新型智能制造

公司采用先进智能制造技术的来源主要是外部市场引入以及自主开发创新两种方式,为了区分两种不同智能制造技术所带来的影响,在文本句法分析方法的基础上,根据NLP中的文本语义分析法将智能制造进行了区分。若“智能制造”相关语句所在的段落及上下一段表明了相关“智能制造”技术或设备为外部引进所得,则定义此处的“智能制造”为“引入型”,“引入型”智能制造语句占全文句子总数的百分比即为此处所定义的“引入型”智能制造(Intelligence_Import)指标。若“智能制造”相关语句所在的段落及上下一段表明了相关“智能制造”技术或设备为自主创新所得,则定义此处的“智能制造”为“创新型”。“创新型”智能制造语句占全文句子总数的百分比即为此处所定义的“创新型”智能制造(Intelligence_Innovation)指标。需指明的是,若文本中既包括引入也包括创新的语义表达,则定义为“创新型”。

3. 出口贸易壁垒

共采用三种方式度量出口贸易壁垒。

第一,参考经典做法,以中国提出的技术性贸易壁垒异议哑变量作为出口贸易壁垒的第一个衡量指标。WTO的统计数据显示,2009-2022年中国共遭遇了技术性贸易壁垒1890次,为世界最高的国家之一。在此背景下,我们以WTO的技术性贸易措施通报系统(TBT-IMS)中中国方面所提出的贸易壁垒异议(Special Trade Concern, 后文简称STC)议案为研究对象,通过构造“是否有与样本企业相关的议案提出”哑变量作为公司出口贸易壁垒的测度。若存在针对通报的反对议案,即意味着其该年度受到了贸易壁垒的影响,哑变量取1,否则取0。

第二,借鉴邱斌等人的研究方法^[32],我们以出口产品技术复杂度(Product Complexity, 后文简称PCI)作为出口贸易壁垒的第二个衡量指标。如式(1)所示,我们计算得到了*i*省份(市、区)*j*行业的产品出口显示性比较优势(RCA)。我们根据式(2),得到*i*省份(市、区)*j*行业的出口产品复杂度(PRODY),其中 Y_i 代表*i*省份(市、区)的国民生产总值。我们根据式(3),计算得到省份层面的出口产品复杂度(FCI)。

$$RCA_{ij} = \frac{X_{ij}/X_i}{\sum_i^n X_{ij}/X_i} \quad (1)$$

$$PRODY_{ij} = \sum_i^n RCA_{ij} Y_i \quad (2)$$

$$PCI_i = \sum_j^n \frac{X_{ij}}{X_i} PRODY_{ij} \quad (3)$$

第三,我们使用了出口贸易开放度(Openness of Export Trade,后文简称“ETO”)作为出口贸易壁垒的第三个衡量指标。首先,计算得到每个行业出口额占国家总出口额的比重,再根据每个公司出口额中每个行业的占比进行加权,得到公司层面的贸易开放度。

4. 相对效率

借鉴焦国华等人的研究方法^[33],使用数据包络分析(Data Employment Analysis,后文简称“DEA”)模型中的BCC(由Banker, Charnes和Cooper于1984年提出)和CCR(由Charnes, Cooper和Rhodes于1978年提出)模型作为企业相对效率的衡量指标。相比之下,BCC模型假设了企业规模报酬可变,通常说明技术效率、纯技术效率和规模效率;CCR模型假设了企业规模报酬不变,通常只用于说明技术效率。计算过程如下:

假设有n个决策单元(DMU),每个DMU的投入为 X_i ,产出为 Y_i , $X_i=(x_{i1}, \dots, x_{im})$, $Y_i=(y_{i1}, \dots, y_{im})$,且 $X_i > 0$, $Y_i > 0$,对以下模型求解:

$$\text{Max } E_k = \frac{u'Y_k}{v'X_k}, \text{ s.t. } \frac{u'Y_i}{v'X_i} \leq 1 \quad (4)$$

其中, $i=1, 2, 3, \dots, n$, $u=(u_1, \dots, u_s)'$, $v=(v_1, \dots, v_s)'$, $v_i, u_r \geq 0$, E_k 即为第k个DMU的相对效率值。我们可以将上式(4)简化为以下模型:

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta \\ & \text{s.t. } \sum_{i=1}^n \lambda_i Y_i \geq Y_k, \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq \theta X_k \\ & \lambda_i \geq 0, i=1, 2, 3, \dots, n, \theta \in [0, 1] \end{aligned} \quad (5)$$

若限定条件中加入 $\lambda_1 + \dots + \lambda_n = 1$,即为CCR模型;否则即为BCC模型。在此基础上,参考陈波和梁彤纓的设定方法^[34],以员工总数、总成本(主营业务成本+主营业务税金及附加)、总资产和总费用(管理费用+营业费用+财务费用)作为投入指标,以利润总额、主营业务收入为产出指标,分别计算了BCC模型和CCR模型下的两种相对效率用于检验。

5. 控制变量

控制变量主要包括公司总资产规模(LnAssets)、公司成立年限[Ln(Age+1)]、实际控制人性质(SOE)、公司财政补贴情况(Subsidy/Assets)、资产负债率(Leverage)、董事会人数[Ln(Boardsize+1)]、机构投资者持股比例(InsHold)以及公司所在省份的经济发展水平(LnGDP)。

(三) 描述性统计

所有变量均使用winsor2进行了1%和99%的缩尾处理,变量的描述性统计如表1:

智能制造相关语句在每家上市公司年报中的平均比重(Intelligence_All)为8.8%,表明智能制造的确在上市公司的业务发展中较高的地位。相比创新型智能制造(Intelligence_Innovation),引入型(Intelligence_Import)的占比更高,表明我国更多企业是通过直接从外部市场引入智能制造技术设备来提高自身的生产能力。样本贸易壁垒异议(STC)的均值为0.044,标准差为0.199,出口产品复杂度(PCI)均值和标准差分别为1.363和4.112,均与过往文献呈现的统计分析基本一致^①。

① 区域统计发现,相比于中西部省份,我国东部省份在智能制造的应用以及创新上均遥遥领先。上海和广东是全国整体智能制造应用程度最高的地区,两地区的创新型智能制造程度也同样引领全国。行业统计发现,我国电子制造业、汽车制造业和金属设备制造业整体智能制造应用程度较高,创新型应用程度也均居于行业上游。有较大反差的是,我国玻璃矿产制造业虽然整体智能制造应用程度高于塑料化工产品制造业,但创新型应用水平却低于对方。除汽车外的其它交通工具制造业整体智能应用程度虽然较高但创新程度不高,这也符合我国的基本国情,即航空铁路领域的部分先进制造技术依然依赖于国际市场的进口。

表1 描述性统计

变量	平均值	中位数	标准差	最小值	最大值
<i>Intelligence_All</i>	0.088	0.085	0.112	0.000	0.134
<i>Intelligence_Import</i>	0.062	0.060	0.106	0.000	0.087
<i>Intelligence_Innovation</i>	0.034	0.035	0.091	0.000	0.074
<i>STC</i>	0.044	0.041	0.199	0.000	1.000
<i>PCI</i>	1.363	1.361	4.112	-2.915	3.588
<i>ETO</i>	0.616	0.596	0.640	0.053	0.799
<i>BCC</i>	0.787	0.806	1.213	0.124	1.000
<i>CCR</i>	0.614	0.705	1.061	0.085	1.000
<i>LnAssets</i>	22.192	22.205	8.665	8.457	34.398
<i>Ln(Age+1)</i>	2.476	2.485	2.553	0.000	3.219
<i>Ln(Boardsize+1)</i>	2.332	2.398	0.446	1.609	3.045
<i>InsHold</i>	0.229	0.228	0.503	0.000	0.806
<i>Leverage</i>	0.444	0.449	0.618	0.060	0.879
<i>SOE</i>	0.456	0.000	0.620	0.000	1.000
<i>LnGDP</i>	10.613	10.500	0.925	7.411	11.818
<i>Subsity/Assets</i>	0.000	0.000	0.004	0.000	0.005

(四) 模型

构建的回归模型如下:

$$Y_{it} = \lambda_{it} + c * X_{it} + \gamma_{it} * Control_{it} + \alpha_i + \alpha_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中, λ_{it} 为模型(6)的常数项, Control为控制变量, α_i 和 α_t 分别为模型(6)的公司固定效应和年份固定效应, ε_{it} 为模型(6)的误差项; Y_{it} 代表第 t 年公司 i 所遭受的出口贸易壁垒, 即 STC、PCI 或 ETO; X_{it} 代表第 t 年公司 i 的智能制造应用, 包括整体应用(Intelligence_All)、引入型应用(Intelligence_Import)以及创新型应用(Intelligence_Innovation); 系数 c 为解释变量(智能制造) X 对被解释变量(出口贸易壁垒) Y 的总效应。

三、实证分析

实证分析除呈现智能制造影响贸易壁垒的主体结果外, 还将呈现分类别(引入型和创新型)智能制造对贸易壁垒的影响结果, 然后阐述分析。

(一) 智能制造整体运用对贸易壁垒的影响

首先检验了智能制造整体应用对出口贸易壁垒的影响, 结果如表2所示。最终我们发现, 智能制造与贸易壁垒异议(STC)呈负相关关系, 且在1%的显著水平上显著; 智能制造与出口产品复杂度(PCI)和出口贸易开放度(ETO)呈正相关关系, 且均在1%的显著水平上显著。这一结果说明, 智能制造的确可以显著抑制贸易壁垒异议, 智能制造整体运用水平平均每上涨1个单位, STC会被抑制相当于其74.87%标准差量级的大小; 智能制造整体运用水平可以显著提升公司的出口产品复杂度和贸易开放度, 智能制造整体运用水平平均每上涨1个单位, PCI会被提升相当于其40.54%标准差量级的大小, ETO则会被提升相当于其70.63%标准差量级的大小。以上结论表明, 上市公司通过采用智能制造技术, 的确可以帮助其有效弱化外部市场的贸易壁垒, 证实了研究假设H1a。

关于控制变量的结果, 可以看到机构投资者持股比例(InsHold)与STC显著负相关, 与PCI和ETO显著正相关, 说明机构投资者的监管作用的确可以优化企业的内部机制, 缓解外部市场的贸易壁垒。与机构投资者有相似作用的还有企业所接受的财政补贴(Subsity/Assets)与企业所在地的整体经济水平(LnGDP), 这两项指标均提升企业的相对效率, 弱化贸易壁垒。企业的实际控制人性质(SOE)与STC显

表2 智能制造对出口贸易壁垒的影响

变量	STC	PCI	ETO
<i>Intelligence_All</i>	-0.149*** (0.047)	1.667*** (0.511)	0.452*** (0.136)
<i>LnAssets</i>	-0.215 (0.197)	-0.188 (0.153)	0.207 (0.189)
<i>Ln(Age+1)</i>	-0.081 (0.095)	0.156 (0.106)	0.233 (0.216)
<i>Ln(Boardsize+1)</i>	-0.162 (0.173)	0.381 (0.277)	-0.310 (0.285)
<i>InsHold</i>	-0.243* (0.145)	0.175** (0.083)	0.098** (0.038)
<i>Leverage</i>	0.330 (0.255)	-0.214 (0.165)	0.193 (0.171)
<i>SOE</i>	0.138*** (0.045)	-0.089*** (0.029)	-0.099*** (0.032)
<i>LnGDP</i>	-0.242*** (0.061)	0.159*** (0.050)	0.178*** (0.061)
<i>Subsity/Assets</i>	-0.505** (0.249)	0.381** (0.171)	0.271** (0.109)
Constant	-2.221*** (0.600)	-1.169*** (0.241)	1.603*** (0.585)
Firm FE and Year FE	Yes	Yes	Yes
Adj R ²	0.285	0.291	0.303
Observations	24662	24662	24662

注: *、**、***分别表示在10%、5%、1%水平上显著, 括号内为标准误, 下同。

表3 分类型智能制造对出口贸易壁垒的影响

变量	Panel A			Panel B		
	STC	PCI	ETO	STC	PCI	ETO
<i>Intelligence_Import</i>	-0.103 (0.078)	0.720 (0.620)	0.389 (0.305)	- -	- -	- -
<i>Intelligence_Innovation</i>	- -	- -	- -	-0.114** (0.047)	0.901*** (0.300)	0.389*** (0.113)
Constrols	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm FE and Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Adj R ²	0.311	0.320	0.341	0.381	0.361	0.320
Observations	24662	24662	24662	24662	24662	24662

显著正相关, 与PCI和ETO显著负相关, 说明我国的国有企业更容易受到外部市场的贸易壁垒。一方面这可能与国际政治因素有关, 另一方面也与我国国有企业自身效率不足有关。

(二) 分类型智能制造对贸易壁垒的影响

分别检验引入型智能制造和创新型智能制造对出口贸易壁垒的影响。如表3所示, Panel A呈现了引入型智能制造对出口贸易壁垒的影响。可以看到, 引入型智能制造对于贸易壁垒异议(STC)、出口产品复杂度(PCI)以及出口贸易开放度(ETO)均没有形成显著影响, 即引入型智能制造没有帮助企业有效抵御出口贸易壁垒的风险。Panel B呈现了创新型智能制造对出口贸易壁垒的影响, 可以看到, 创新型智

能制造与贸易壁垒异议(STC)呈显著负相关,且在5%的显著水平上显著;与出口产品复杂度(PCI)和出口贸易开放度(ETO)呈显著正相关,且均在1%的显著水平上显著。其中,Intelligence_Innovation每增加一个单位,可以显著抑制STC相当于其57.28%标准差量级的大小,可以显著增加PCI相当于其21.91%标准差量级的大小,可以显著增加ETO相当于其60.78%标准差量级的大小。这一结果说明,上市公司通过自主创新推进智能制造相关技术设备的运用,可以有效帮助其应对外部市场的出口贸易壁垒,包括减少国外的贸易制裁、增加本身产品的技术等级以及提高自身的贸易出口开放度。以上结果证实了研究假设H2a。

四、渠道分析

本节重点阐述渠道分析的模型设定并呈现渠道分析的检验结果。参考沈国兵和袁征宇的模型设定方法^[35],为检验中介变量的影响,在模型式(6)的基础上,建立如下联立方程组:

$$M_{it} = \lambda_{it} + a \times X_{it} + \gamma_{it} \times Control_{it} + \alpha_i + \alpha_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$Y_{it} = \lambda_{it} + c' \times X_{it} + b \times M_{it} + \gamma_{it} \times Control_{it} + \alpha_i + \alpha_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中,M代表中介变量(相对效率),系数a为解释变量X(智能制造)中介变量M的效应,系数b是控制了解释变量X后,中介变量M对被解释变量Y(出口贸易壁垒)的效应;系数c'是控制了中介变量M后,解释变量X对被解释变量Y的直接效应。

中介效应检验使用温忠麟等人改良版因果逐步回归法^[36]。智能制造的应用可以增强企业生产能力,减少企业的生产成本,提升企业的技术创新,提升企业相对效率,弱化企业的出口贸易壁垒。

表4汇报了智能制造通过“相对效率”影响出口贸易壁垒的中介效应检验结果,Panel A和Panel B分别汇报了将BCC相对效率和CCR相对效率作为中介变量的检验结果。我们以表4中Panel A第(1)行对

表4 中介效应检验结果

影响渠道	c总效应	a	b	a*b中介效应	a*b(95%BootCI)	c'直接效应	检验结论	中介效应占比(a*b/c)
Panel A: BCC								
(1) Intelligence_All → BCC→STC	-0.149***	0.122***	-0.413***	-0.089	0.021-0.195	-0.060***	部分中介	59.73%
(2) Intelligence_All → BCC→PCI	1.667***	0.913***	0.736***	1.113	0.023-0.201	0.554***	部分中介	66.77%
(3) Intelligence_All → BCC→ETO	0.452***	0.501***	0.615***	0.316	0.018-0.174	0.136***	部分中介	69.91%
Panel B: CCR								
(1) Intelligence_All → CCR→STC	-0.149***	0.105***	-0.384***	-0.080	0.020-0.189	-0.069***	部分中介	53.69%
(2) Intelligence_All → CCR→PCI	1.667***	0.814***	0.826***	0.993	0.024-0.183	0.674***	部分中介	59.57%
(3) Intelligence_All → CCR→ETO	0.452***	0.304***	0.419***	0.286	0.027-0.199	0.166***	部分中介	63.27%

BBC相对效率和STC的分析为例,智能制造对相对效率的影响系数 a 和控制智能制造后相对效率对出口贸易壁垒的影响系数 b 均在1%的显著水平上显著,说明在智能制造对出口贸易壁垒的抑制作用中,相对效率所产生的中介效应存在且显著。我们还可以发现在控制中介变量相对效率后,智能制造对出口贸易壁垒的效应系数同样显著,说明回归逻辑中,智能制造的确也存在对出口贸易壁垒的直接影响效应。结果中的 $a*b$ 和 c' 同号,说明结果属于部分中介效应,不存在遮掩效应。最终结论是:智能制造对出口贸易壁垒的总效应系数为-0.144,在1%的显著水平上显著;其中直接效应系数为-0.060,中介效应系数为-0.089,两者均在1%的显著水平上显著,这表明该检验模型存在部分中介效应,中介效应在总效应中的占比为59.73%。即在此智能制造抑制企业出口贸易壁垒的回归逻辑中,相对效率起到了59.73%的中介作用,印证了研究假设H1a。

以BCC为相对效率衡量指标的其他两组检验(PCI和ETO),也均得到了相似的结论,相对效率在智能制造技术对出口贸易壁垒的缓解作用中分别起到了66.77%和69.91%的中介作用。以CCR为相对效率衡量指标的三组检验也均肯定了相对效率在智能制造技术降低出口贸易壁垒中的重要作用,STC、PCI和ETO三组检验中相对效率的中介效应占比分别达到了53.69%、59.57%和63.27%。

五、异质性分析

这里针对样本企业的创新程度、劳动力密集度和低技能劳动力占比进行异质性分析。

(一) 创新程度

智能制造与企业的技术创新具有共性。为验证这一共性,按照企业在样本中第一次出现年份的专利数加1取自然对数^①作为在此创新异质性分析的分组指标。结果如表5的Panel A所示,在取中位数将样本分为高创新子样本和低创新子样本进行分组回归以及系数差异性检验后,我们发现,智能制造对企业出口贸易壁垒的抑制作用在低创新子样本中更加显著,说明智能制造本身与技术创新具有互补的作用。智能制造可以为企业带来技术创新,这极有助于提升企业的相对效率、消解出口贸易壁垒。

(二) 劳动力密集度

智能制造的引入,对企业最直接的影响就是对企业的劳动力产生大规模替代。预计智能制造对出口贸易壁垒的影响在劳动力密集程度高的企业中更明显。按照样本基期(2009年)行业层面的劳动力人数(人)与行业总销售收入(千元)构建劳动力密度分组变量^②。结果如表5的Panle B所示,取中位数将样本分为高劳动力密集度和低劳动力密集度样本进行分组回归后,我们发现智能制造对企业出口贸易壁垒的抑制作用在高劳动力密集度样本中更加显著,证实了我们的猜想。

(三) 低技能劳动力占比

智能制造作为先进技术的体现,被引入企业后会优先对企业的低技能劳动力产生替代。智能制造对出口贸易壁垒的影响在低技能劳动力占比较高的企业中可能更明显。为论证这一猜想,根据中位数将样本分为低技能劳动力占比较高样本和低技能劳动力占比较低样本。为了规避劳动力结构和行业结构本身变化所带来的影响,使用了样本基期(2009年)行业层面的低技能劳动力占比作为异质性分析分组变量。最终结果如表5的Panel C所示,智能制造对出口贸易壁垒的抑制作用的确在低技能劳动力占比高的样本中更加显著,证实了我们的猜想。

以上结果在呈现智能制造技术对企业出口贸易壁垒异质性影响的同时,一定程度上也说明了智能制造的本质特性。智能制造属于技术创新的一部分,可以通过创新效应来提高企业的相对效率,弱化贸易壁垒。智能制造对人力的替代效应是显著的,在高密集度劳动力行业中的影响更明显,尤其会对蓝领

① 取公司在样本第一次出现年份的数据主要是为了规避企业创新情况本身变化所带来的影响。

② 取样本基期行业层面的数据是为了规避劳动力规模和行业结构本身变化所带来的影响。

表5 异质性分析

Panel A: 创新程度						
变量	STC		PCI		ETO	
	(1)高	(2)低	(1)高	(2)低	(1)高	(2)低
<i>Intelligence_All</i>	-0.072*** (0.024)	-0.181*** (0.041)	0.993*** (0.300)	2.385*** (0.468)	0.321*** (0.095)	1.224*** (0.305)
<i>Difference</i>	0.109**		-1.392***		-0.903***	
<i>P value</i>	0.031		0.007		0.015	
<i>Adj R²</i>	0.220	0.263	0.231	0.270	0.261	0.274
Observations	12325	12337	12325	12337	12325	12337
Panel B: 劳动力密集度						
变量	STC		PCI		ETO	
	(1)高	(2)低	(1)高	(2)低	(1)高	(2)低
<i>Intelligence_All</i>	-0.198*** (0.055)	-0.064*** (0.020)	2.601*** (0.700)	1.181*** (0.295)	0.251*** (0.080)	1.009*** (0.273)
<i>Difference</i>	-0.134**		1.420**		-0.758**	
<i>P value</i>	0.042		0.040		0.028	
<i>Adj R²</i>	0.230	0.300	0.254	0.261	0.234	0.277
Observations	12352	12310	12352	12310	12352	12310
Panel C: 低技能劳动力占比						
变量	STC		PCI		ETO	
	(1)高	(2)低	(1)高	(2)低	(1)高	(2)低
<i>Intelligence_All</i>	-0.183*** (0.040)	-0.057*** (0.019)	1.996*** (0.405)	0.911*** (0.255)	0.217*** (0.081)	0.949*** (0.256)
<i>Difference</i>	-0.126**		1.085***		-0.732**	
<i>P value</i>	0.022		0.044		0.023	
<i>Adj R²</i>	0.240	0.229	0.233	0.271	0.250	0.241
Observations	12349	12313	12349	12313	12349	12313
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm FE and Year FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

低技能劳动造成大的冲击。在未来社会,智能制造技术的替代效应可能会在短期内造成社会的失业焦虑。因此,智能制造如何与劳动力要素协调发展是一个亟须思考的问题。

六、稳健性检验

我们分别通过使用工具变量、替换被解释变量、剔除特殊样本、进行智能公告倾向匹配—双重差分检验的方法,对主体回归结果进行稳健性检验。

(一) 使用工具变量

为缓解内生性问题,智能制造的工具变量参照了Acemoglu & Restrepo的方法而构造^[37]。基本构造思想是利用世界范围内同一行业其它发达国家更先进的智能运用水平来作为本国某一行业智能化使用程度的工具变量。我们需保证所选取国家的行业智能化指数与我国的行业智能化指数变化趋势较为接近,且不能低于中国(保证工具变量代表的是更先进的智能技术)。参考王永钦和董雯、郑丽琳和刘东升的研究方法^{[38][39]},我们选择了美国行业层面智能化指数作为我国行业层面智能化指数的工具变量。具体操作为使用美国行业机器人数量和行业劳动力数量作为我国行业层面智能制造测度的工具变量,将此变量按照我国每家公司的年度销售收入占比进行加权,得到公司层面工具变量进行检验。最终2SLS第二阶段结果如表6所示,克服内生性后,智能制造可以显著降低企业的出口贸易壁垒。中介效应的

表6 2SLS检验

第一阶段					第二阶段				
变量		<i>Intelligence</i>			变量		<i>STC</i>		
<i>Intelligence</i> ^W		0.891***			<i>Intelligence</i> ^A		-0.405***		
		(0.027)					(0.092)		
Controls		Yes			Controls		Yes		
Firm FE and Year FE		Yes			Firm FE and Year FE		Yes		
Observations		24662			Observations		24662		
Adj R ²		0.396			Adj R ²		-		
F值		1255.44			F值		-		
Prob>F		0.000			Prob>F		-		
中介效应检验	c总效应	a	b	a*b中介效应	a*b(95%BootCI)	c'直接效应	检验结论	中介效应占比	
<i>Intelligence</i> ^A → <i>BCC</i> → <i>STC</i>	-0.405***	0.811***	-0.322***	-0.295***	0.018-0.192	-0.110***	部分中介	72.84%	

2SLS第二阶段结果也证明,相对效率的确是智能制造对出口贸易壁垒产生影响的重要中介渠道。

(二) 替换被解释变量

在此,参看沈国兵和袁征宇的研究方法^[35],将主回归的被解释变量替换为“公司是否进行出口”的虚拟变量进行检验,最终结果依然显示,智能制造可以帮助企业显著减少出口贸易壁垒,相对效率在其中的确起着重要的中介作用。限于篇幅,此处结果不予呈现。

(三) 剔除特殊样本

2015年,我国股市经历了巨大的急涨急跌。为了论证研究结论的可靠性,剔除2015年及之后可能受到影响的2016年样本,重新进行了检验,最终所得结论与主体回归结果一致。限于篇幅,此处结果不予呈现。

(四) 基于《智能制造试点示范项目》名单的PSM-DID分析

参考2015-2018年国家工信部《智能制造试点示范项目》名单,进行逐年倾向匹配^①以及双重差分检验,最终结果显示,智能制造的确有利于降低公司的出口贸易壁垒。此外,中介效应的检验显示相对效率的中介效应占比在PSM-DID分析中达到70%以上,证实了相对效率在智能制造对出口贸易壁垒的影响中有着巨大的传导作用。限于篇幅,结果在此处不予呈现。

七、结论与建议

出口贸易是我国经济发展的三驾“马车”之一,智能制造作为新兴技术的重要应用已经成为我国经济发展的新引擎。研究智能制造如何对出口贸易产生影响具有重大意义。本研究以我国沪深A股2009-2023年的上市公司为样本,利用NLP中的文本句法分析法构造了“智能制造”的衡量指标,实证证明了智能制造可以显著减轻我国企业所面临的出口贸易壁垒影响,这种积极效果是通过提升企业相对效率实现的。通过NLP中的文本语义分析法区分了引入型智能制造和创新型智能制造,论证了相较于引入型智能制造,创新型智能制造更会抑制企业的出口贸易壁垒。

异质性分析发现,结论在创新程度本身较低、劳动力密集度高以及低技能劳动力占比高的企业中更加显著,在使用工具变量、替换被解释变量、替换样本、针对“智能制造试点示范项目”进行PSM-DID检验后依然十分稳健。针对研究结论,提出建议如下:

第一,为了打破国际社会对我国的歧视性贸易制裁,我国需要坚定不移地将“制造强国”作为百年战略大计,加强智能制造技术的运用,提升我国出口企业的相对效率。

① 倾向匹配的平衡性假设和平行趋势检验均已通过。

第二,技术创新才是“制造强国”的内在驱动力,我国在推动智能制造的过程中,更应该关注技术创新在其中所担任的角色,通过财政补贴、税收减免等一系列政策,让技术创新成为智能制造的核心。

第三,对于本身创新程度较低以及劳动力密度高或低技能劳动力占比高的传统制造业,我国政府应该积极推动它们向智能制造转型升级。对于部分尚不具备自主创新能力的企业,政府应帮助其实现“引入—创新”的技术过渡,推动这部分企业长远稳定发展。

参考文献

- [1] 陈凤兰,武力超,戴翔.制造业数字化转型与出口贸易优化.国际贸易问题,2022,(12).
- [2] 铁瑛,朱佳纯,黄建忠.出口贸易“稳中求进”的结构动能与增长源泉.世界经济,2022,(11).
- [3] 孙文远,李琪.企业数字化转型是否影响出口贸易.产业经济评论,2023,(5).
- [4] 陈雯,范茵子,林冰.技术性贸易措施与中国出口企业创新.国际经贸探索,2023,(5).
- [5] 彭俞超,王南莹,顾雷雷.企业数字化转型、预判性信息披露与股价暴跌风险.财贸经济,2023,(5).
- [6] N.Nunn, N. Qian. The Potato's Contribution to Population and Urbanization: Evidence from a Historical Experiment. *Quarterly Journal of Economics*, 2011, 126(2).
- [7] D. Acemoglu, P. Restrepo. Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *Journal of Economic Perspectives*, 2019, 33(2).
- [8] 沈小波,陈语,林伯强.技术进步和产业结构扭曲对中国能源强度的影响.经济研究,2021,(2).
- [9] 姚曦,续继.技术进步、经济周期与制造业岗位丢失.世界经济,2022,(5).
- [10] 孙早,侯玉琳.工业智能化如何重塑劳动力就业结构.中国工业经济,2019,(5).
- [11] 袁劲,刘啟仁,赵灿.城市工业机器人渗透与中国制造业出口——来自多维数据的证据.经济学动态,2024,(3).
- [12] 刘红英,钟华明.工业机器人应用对制造业出口技术复杂度提升的影响研究.亚太经济,2023,(4).
- [13] 唐晓华,李茹.工业机器人应用与制造业出口稳定性:基于跨国数据的经验证据.世界经济研究,2024,(12).
- [14] 柯明,杨双至,戴翔.人工智能推动企业出口升级了吗.国际贸易问题,2023,(8).
- [15] 张兵兵,陈静,朱晶等.人工智能与企业出口技术复杂度提升.国际贸易问题,2023,(8).
- [16] 何小钢,郭晓斌,祝雅琴.机器人应用能否促进企业出口?——基于效率和质量双赢的视角.财经问题研究,2024,(4).
- [17] 马野青,王冠宇,乔刚.工业智能化能否降低企业出口生存风险?——来自中国上市公司的经验证据.研究与发展管理,2023,(6).
- [18] 金祥义,张文菲.人工智能发展与出口持续时间:稳出口效应存在吗?世界经济研究,2023,(4).
- [19] 范冬梅,李莹.工业机器人应用对出口企业加成率的影响研究.当代财经,2024,(5).
- [20] 金祥义,张文菲.人工智能与企业出口扩张:贸易革命的技术烙印.国际贸易问题,2022,(9).
- [21] G.Azar, F. Ciabuschi. Organizational Innovation, Technological Innovation, and Export Performance: The Effects of Innovation Radicalness and Extensiveness. *International Business Review*, 2017, 26(2).
- [22] S. Mithas, A. Tafti, I. Bardhan, J. Goh. Information Technology and Firm Profitability: Mechanisms and Empirical Evidence. *MIS Quarterly*, 2012, 36(1).
- [23] N. Bloom, L. Garicano, R. Sadun et al. The Distinct Effects of Information Technology and Communication Technology on Firm Organization. *Management Science*, 2014, 60(12).
- [24] 吉生保,林雄立,王晓珍.外资研发嵌入促进了对外直接投资吗——技术创新表现的作用.国际贸易问题,2020,(2).
- [25] H. Jung, J. Hwang, B. Kim. Does R&D Investment Increase SME Survival During a Recession. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, 42(7).
- [26] L.Kogan, D. Papanikolaou, A. Seru, N. Stoffman. Technological Innovation, Resource Allocation, and Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 2017, 132(2).
- [27] M. Ugur, S. Churchill, E. Solomon. Technological Innovation and Employment in Derived Labour Demand Model: a Hierarchical Meta-regression Analysis. *Journal of Economic Surveys*, 2018, 32(1).
- [28] A. Caldera. Innovation and Exporting: Evidence from Spanish Manufacturing Firms. *Review of World Economics*, 2010, 146.
- [29] 金祥义,戴金平.有效信息披露与企业出口表现.世界经济,2019,(5).

- [30] 李宏,王云廷,吴东松. 专利质量对企业出口竞争力的影响机制:基于知识宽度视角的探究. 世界经济研究, 2021, (1).
- [31] 张叶青,陆瑶,李乐芸. 大数据应用对中国企业市场价值的影响——来自中国上市公司年报文本分析的证据. 经济研究, 2021, (12).
- [32] 邱斌,叶龙凤,孙少勤. 参与全球生产网络对我国制造业价值链提升影响的实证研究——基于出口复杂度的分析. 中国工业经济, 2012, (1).
- [33] 焦国华,江飞涛,陈舸. 中国钢铁企业的相对效率与规模效率. 中国工业经济, 2007, (10).
- [34] 陈波,梁彤纓. 数据包络方法评价企业绩效的有效性研究. 统计与信息论坛, 2014, (4).
- [35] 沈国兵,袁征宇. 互联网化、创新保护与中国企业出口产品质量提升. 世界经济, 2020, (11).
- [36] 温忠麟,叶宝娟. 中介效应分析:方法和模型发展. 心理科学进展, 2014, (5).
- [37] D. Acemoglu, P. Restrepo. Robots and Jobs: Evidence from U.S. Labor Markets. *Journal of Political Economy*, 2020, 128(6).
- [38] 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. 经济研究, 2020, (10).
- [39] 郑丽琳,刘东升. 机器人应用与劳动力就业:替代还是互补? ——基于22个经济体数据的经验分析. 统计研究, 2023, (3).

The Impact of Intelligent Manufacturing Technology on China's Export Trade Barriers

An Empirical Research Based on Syntactic and Semantic Analysis

Zhao Shuo (Institute of Industrial Economics of CASS)

Abstract Under the backdrop of China's vigorous promotion of the "manufacturing powerhouse" strategy, intelligent manufacturing has emerged as an important focus of China's strategic transformation. While transforming production modes, intelligent manufacturing also has a profound impact on China's export trade. Intelligent manufacturing can optimize the labor structure, drive technological innovation, reduce production costs, thereby enhancing enterprises' relative efficiency and export competitiveness and breaking trade barriers. Innovative intelligent manufacturing has a significant effect on reducing trade barriers, whereas that of adaptive intelligent manufacturing is not obvious. For enterprises with lower innovation capacity, higher labor intensity, and a larger proportion of low-skilled labor, the effect of intelligent manufacturing in mitigating the trade barriers they face is more pronounced. To enhance China's export competitiveness, the Chinese government and relevant industry should continue to expand the investment in intelligent manufacturing, continuously optimize the structure of the manufacturing industry, and drive the upgrading and transformation of the manufacturing sector.

Key words intelligent manufacturing; relative efficiency; trade barriers; syntactic analysis; semantic analysis

■ 作者简介 赵 烁,中国社会科学院工业经济研究所助理研究员,北京 100006。

■ 责任编辑 何坤翁