**引用格式**:柏喆, 张鹏杨. 关税冲击、制造业智能化与中国产业链韧性[J]. 技术经济, 2026, 45(4): 1-14.

Bai Zhe, Zhang Pengyang. Tariff shocks, manufacturing intelligence and the resilience of China's industrial chain[J]. Journal of Technology Economics, 2026, 45(4): 1-14.

产业技术经济

# 关税冲击、制造业智能化与中国产业链韧性

柏 喆[1], 张鹏杨[2]

(1. 深圳职业技术大学马克思主义学院, 深圳 518055; 2. 北京市习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心、北京工业大学经济与管理学院, 北京 100124)

**摘 要**: 提升全球产业链稳定性与韧性已成为促进经济高质量发展的关键路径。通过对接关税数据、国际机器人联合会数据、OECD全球投入产出表数据,考察关税冲击对产业链稳定性和韧性的影响。研究发现:关税冲击能够提升产业链波动率,降低产业链稳定性;纳入制造业智能化后,制造业智能化能够在关税冲击下降低产业链波动率,提高产业链稳定性。机制检验表明,关税冲击显著削弱了规模经济效应、技术创新能力和人力资本水平,进而导致产业链波动率上升,促使产业链稳定性降低。异质性检验发现,关税冲击降低了高、中高、中等技术水平制造业的产业链稳定性;在加征关税影响下,制造业智能化更倾向于提升高、中高、中等技术水平制造业的产业链稳定性,发挥"稳链"效应。进一步分析发现,加征关税会抑制制造业智能化发展,但并不能抑制高技术制造业的智能化持续创新。研究结论为深刻理解加征关税等贸易保护措施及"人工智能+"行动提供了重要的理论支撑,也为全面认识全球产业链和构建现代化产业体系提供科学依据,具有重要的政策意义。

**关键词**: 关税冲击; 人工智能; 制造业智能化; 产业链韧性; 产业链稳定性; "稳链"效应

**中图分类号**: F752 **文献标志码**: A **文章编号**: 1002-980X(2026)04-0001-14

**DOI**: 10.12404/j.issn.1002-980X.J25120202

## 一、引言

产业链稳定和安全是构建现代化产业体系的重要保障。然而,在错综复杂的国际经济政治环境影响下,全球产业链面临诸多不稳定和不确定性,全球价值链重构加速。2025年2月4日,美国对中国输美商品加征10%关税;4月5日,美国将征税范围扩展至几乎所有贸易伙伴。此次针对性加征关税举措,体现了贸易保护主义倾向,不仅干扰全球分工协作体系,更对全球产业链的稳定和安全造成剧烈冲击。关税冲击加剧了各国经济不确定性[1]。根据彼得森研究所测算,在关税冲击下,除中国和印度表现出一定的经济韧性外,美国乃至全球大多数经济体系增速放缓①。当前,"对等关税"虽暂缓一年执行,但这并不意味着关税冲击彻底消除,未来受政策及关税冲击的风险依然存在。更为严峻的是,关税叠加出口管制、技术封锁等非关税壁垒,使全球产业链仍然面临着巨大不确定性。有效应对全球生产体系重构进程中的多重外部冲击和严峻挑战,已经成为驱动产业结构优化升级、实现经济高质量发展的关键议题。党的二十大报告与中央经济工作会议明确提出要提升产业链供应链韧性和安全水平。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》亦着重提出要提升中国产业全球价值链分工地位。全球价值链分工地位提升的前提在

**收稿日期**: 2025-12-02

**基金项目**: 北京市习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心北京工业大学研究基地项目(26XJDY006);国家自然科学基金面上项目"全球生产网络下贸易保护政策实施的协同性研究:成果、效果与治理"(72273009)

**作者简介**: 柏喆(1990—),博士,深圳职业技术大学马克思主义学院讲师,研究方向:区域经济;(通信作者)张鹏杨(1988—),博士,北京市习近平新时代中国特色社会主义思想研究中心、北京工业大学经济与管理学院教授,博士研究生导师,研究方向:贸易政策、数字经济。

① 数据来源于彼得森研究所,https://www.piie.com/research/trade-investment/tariffs。

于要保障产业链的稳定和安全。确保全球产业链稳定和安全已多次被提升至国家战略层面。在此背景下，聚焦关税冲击对全球产业链的影响机制，探索增强产业链稳定性和韧性的有效路径，是当前亟待解决的重要议题。

在全球产业链不确定性加剧背景下，制造业智能化对产业链韧性提升发挥了关键作用[2]。人工智能依托智能化算法获取海量数据，整合分析外部信息，执行用户指定任务，实现对重复性劳动和简单劳动的替代，催生了工业机器人、物流无人机等智能装备，正以前所未有的速度重塑全球生产体系。据经济合作与发展组织（OECD）及《生成式人工智能应用发展报告（2025）》数据显示：2023年，中国人工智能企业融资规模全球第二，仅次于美国；截至2025年4月，中国生成式人工智能专利申请量达157.6万件，占全球申请量的38.58%，位居全球首位。人工智能正在以其迅猛的发展势头，加速融入制造业。2025年8月，国务院发布的《关于深入实施“人工智能+”行动的意见》提出进一步推动人工智能同各行业深度融合的战略要求。与此同时，人工智能的高速迭代，显著提升了市场对人工智能赋能产业体系的心理预期，这种预期在一定程度上缓解了全球生产网络面临的不确定性风险。那么，在此预期下，大力发展人工智能，推动制造业智能化转型，能否在关税冲击背景下提升产业链的稳定性与韧性？深入探究这一问题，对有效落实“人工智能+”行动，增强产业链韧性具有重要的理论与实践意义。

综上，本文基于经济合作与发展组织发布的全球投入产出表（OECD-ICIO）、国际机器人联合会（IFR）数据、关税数据库（WITS），针对当下面临的关税冲击问题，考察中国出口产品面临各经济体加征关税对中国产业链稳定性和韧性的影响，结果表明关税冲击提升了产业链波动率，降低产业链稳定性和韧性。在此基础上，本文构建模型考察在人工智能背景下，当受到关税冲击影响时，制造业智能化可否提高产业链稳定性，进而考察加征关税通过规模经济、技术创新及人力资本水平提升产业链波动率的机制效应，并进一步分析关税冲击和制造业智能化对产业链稳定性的异质性效应，以及关税对制造业智能化的异质性效应，以探索在关税冲击作用下，是否会抑制制造业智能化的持续创新。本文研究不仅有助于明晰关税对产业链稳定性和韧性的影响，也为在人工智能背景下提高产业链稳定性和韧性提供重要参考价值。

为充分研究关税冲击对产业链的影响，本文以中国出口产品面临各经济体的关税为依据，通过跨国数据，考察加征关税对中国产业链稳定性和韧性的影响。可能的边际贡献在于：①既有研究较少直接考察关税冲击对中国产业链韧性的作用。本文对接OECD-ICIO和WITS关税数据，运用2006—2019年全球各经济体加征关税数据，刻画全球各经济体对中国多轮加征关税对中国产业链稳定性的影响。突破了以往主要以中美贸易战或者短期加征关税措施为研究对象的影响，全面反映关税壁垒对中国产业链的作用。此外，既有研究鲜有基于2023年OECD数据库衡量产业链韧性，本文基于该数据库对产业链韧性展开测度，是对现有研究的补充。②既有研究考察制造业智能化对产业链韧性的作用[2]，但尚未有研究从关税冲击和制造业智能化结合视角分析产业链韧性。基于第四次科技革命迅猛发展背景，本文引入IFR数据，着重考察制造业智能化可否在外部关税冲击下提升产业链稳定性，使研究更具现实意义。③现有研究多关注关税对全球产业链位置的机制效应[3-4]，而鲜有考察关税对产业链稳定性的机制效应。本文聚焦规模经济、技术创新、人力资本效应剖析关税冲击影响产业链稳定性的机制效应，深化对关税冲击引发产业链波动率提升的理解。④既有研究鲜有考察关税和制造业智能化的异质性效应，以及关税对制造业智能化的作用。本文进一步分析加征关税和制造业智能化引发的异质性效应，以及考察加征关税对制造业智能化是否存在异质性效应。本文发现制造业智能化在面对关税冲击时仍有助于提升中国产业链稳定性，以及关税冲击并不会影响人工智能在高技术制造业的持续融合创新，对全面深刻认识关税等贸易摩擦下的中国产业链特征及持续推动高水平科技自立自强具有重要意义。

## 二、文献综述

与本文相关的研究文献主要包括以下三个方面。

第一类是加征关税对全球产业链的作用。首先，厘清产业链概念。所谓产业链、供应链、价值链虽有不同，但在生产销售的循环体系之中，已逐渐具有融合趋势[5]。产业链已经成为涵盖生产、流通及

价值增值的广义概念，研究产业链必须考虑价值链[5-6]，本文聚焦加征关税对产业链的作用。对一国征收关税，不但直接影响进口国和出口国，而且还会影响第三方国家[7]。一般而言，加征关税会使进出口成本增加，进而使产业链调整和重构成本增加[4]，导致中高端产业链供应链断裂[8]，产业链不确定性上升，国际贸易产业格局重构[9]。其次，关于加征关税对全球产业链影响方面，大部分研究考察了加征进口关税对全球价值链位置攀升的影响，指出降低关税有助于促进全球价值链地位升级[10-13]。李小平和崔致远[3]通过2000—2014年中国企业数据，论证了加征进口关税对全球价值链攀升的影响，指出降低关税能够促进全球价值链攀升。高越和魏俊华[13]指出在区域全面经济伙伴关系协定（RCEP）生效后，降低关税能够使各成员国进一步融入全球生产体系，促进全球价值链位置攀升。近年来，自然灾害、突发公共卫生事件、大国贸易博弈等风险因素交织叠加，对全球生产体系造成重大冲击，探寻如何提升产业链韧性逐渐成为产业链研究的核心议题。所谓产业链韧性是指产业链在面对外部冲击时，能够快速恢复到初始状态或更理想状态的能力[5,14]。最后，关于加征关税对产业链不确定性影响方面，张鹏杨等[1]通过准自然实验方法证明了加征进口关税的幅度越高对供应链不确定性的影响越大，关税冲击会导致出口成本上升，引发进口国市场产业链供应链重构。然而，关于加征关税对产业链韧性的影响，现有研究仍有不足。

第二类是制造业智能化对全球产业链的影响。随着人工智能算法与工业机器人应用加速迭代及维护产业链安全和稳定现实需求的增加，逐渐有研究关注其对全球产业链韧性的作用[15]。既有研究在基于全球投入产出表运用赫芬达尔指数[2]，或将全球投入产出表对接中国制造业企业数据[16]，或运用中国省际数据采用阈值法[17]，或运用中国上市公司数据测算波动[15]衡量产业链韧性的基础上，证实以工业机器人为代表的制造业智能化对产业链韧性具有促进作用。并进一步指出制造业智能化通过技术创新及治理体系[2]、生产效率[16]、跨领域知识积累、降低生产和物流成本[15]等方式，增强产业链稳定性和韧性。

第三类是关税壁垒对全球产业链影响的机制效应。既有研究考察了关税引发的人力资本效应[3]、创新效应[4]、规模效应[11]，但并未基于该机制效应考察其对产业链韧性的作用。其中，在关税引发的人力资本效应方面，李小平和崔致远[3]指出降低本国进口关税和出口目的国关税，会使人力资本水平提高，进而促进全球价值链分工地位攀升。在加征关税引发的创新效应方面，主要分为两种观点：一是加征关税会导致出口国企业出口成本增加，出口国企业受出口成本骤升的影响，急于寻求其他贸易伙伴，导致出口国企业没有过多精力进行研发创新，从而引发出口国研发投入降低，影响出口国的技术创新能力[4]；二是加征关税会引发出口国企业强大的危机意识，促使出口国企业在寻求目的地市场的同时，不断投入更多研发经费，使科技创新能力增强[18]。在加征关税引发的规模效应方面，加征关税不仅抑制出口产品的国际竞争力，导致出口规模缩小[18]，进而使全球价值链长度缩小[11]；加征关税也导致经济不确定性增加，使产品出现供应中断，企业暂停对该产品的进口，导致进口规模缩小[1]。

综上所述，随着对全球生产体系研究逐步深入，围绕全球产业链的议题日益丰硕。然而，聚焦全球产业链稳定性和韧性的研究仍然较少。具体体现在：第一，部分研究基于制造业智能化视角考察产业链韧性[2]，但在产业链韧性数据使用方面主要集中在中国企业数据或者行业数据[19-20]，基于全球投入产出表聚焦跨国数据考察产业链韧性的研究不多，更鲜有探讨关税冲击对产业链稳定性和韧性的研究。第二，既有研究主要集中在考察关税冲击对全球价值链分工地位的影响[10-11]，较少聚焦于分析关税对产业链稳定性和韧性的作用，更忽视了制造业智能化在加征关税背景下的作用。立足于关税冲击及人工智能高速发展背景，分析关税壁垒，以及制造业智能化在关税冲击影响下对产业链稳定性的影响就显得具有更强的政策和现实意义。第三，考察关税壁垒对产业链稳定性或韧性机制效应的研究不足。纵观既有研究，考察了关税冲击对科技创新[4]，人力资本水平的作用[3]，但鲜有详细探讨关税冲击对产业链韧性引发的机制效应。基于此，本文以全球主要国家或地区对中国加征关税为切入点，考察关税冲击如何影响中国产业链稳定性的作用机制，并进一步考察制造业智能化在关税冲击下对产业链稳定性的作用。本文研究是对全球产业链韧性和人工智能应用领域的进一步拓展和深化，具有重要的现实价值。

## 三、理论分析

### (一)加征关税对产业链稳定性的影响

加征关税对进口来源国市场造成冲击,进而引发进口来源国市场产品重构[21]。2018年中美贸易摩擦以来,美国对中国输美商品实施多轮加征关税措施。2025年1月20日,特朗普政府重返白宫,启动“对等关税”政策,并于2025年4月实施覆盖全球几乎所有国家10%基准关税,使全球贸易体系的不确定性急剧攀升[22]。在此期间,美国对钢铁、铝及衍生品、汽车产品、汽车零部件、半导体产品等施加关税税率最高达125%。作为反制措施,中国将对应产品的报复性税率同步提升至125%。这一系列单边贸易主义行动,不仅直接推高了国际贸易成本,更通过改变市场预期与微观主体行为,深刻加剧全球产业链的波动性。加征关税可能会导致原有的供应链条断裂[23],产业链波动率提升,进而引发进口来源国市场的结构性重构。这主要表现在:首先,关税壁垒导致原先稳定的产业链条可能发生断裂。在面对突然增加的关税时,原材料和中间品采购成本增加[24],迫使产业链进行重新调整,企业被迫寻求新的销售目的地,导致企业搜寻成本和销售成本增加,产业链波动率增大。本轮加征关税重点覆盖汽车、半导体等高技术行业,这些行业的产业链条分工协作复杂度极高,受到的冲击影响也最为显著。其次,关税壁垒使企业重新调整出口产品范围。在突然加征关税影响下,企业需要重新布局原先的产业链条,调整出口产品范围[3],使产业链波动增强。最后,关税壁垒使创新能力受到抑制。加征关税政策的不确定性,使企业难以分配资源展开技术研发[4],逐渐削弱产业链抵御风险的能力,产业链波动率提高。因此,加征关税带来剧烈冲击,导致产业链的波动情况增大,产业链稳定性降低。

基于上述分析,本文提出假设:

加征关税导致产业链波动率提高,降低产业链稳定性(H1)。

### (二)制造业智能化在加征关税冲击下对产业链稳定性的影响

制造业智能化对产业链稳定性的提升作用是人工智能算法与工业机器人协同推动的结果。首先,人工智能通过快速搜集与整合海量数据,精准获取市场关键信息,并凭借其强大的预测能力洞察潜在风险。一方面,人工智能算法基于对大规模数据库的分析能力,前瞻性把握市场需求和供给变化;另一方面,识别并预测产业链潜在风险,并设计针对性干预方案,增强抗风险能力。其次,人工智能凭借强大的学习算法,已具备自主决策能力。一方面,人工智能能够运用算法高速处理音频、视频等多元化数据[25],实现对海量数据信息的深度挖掘与知识迭代,有效克服信息不对称,增强产业链的风险应对能力;另一方面,以工业机器人为载体的智能装备深度融入生产环节,在替代重复性劳动同时,还发挥技术进步带来的生产率效应,使蕴含新技术的更多机器人参与生产,提高行业生产率[26-28],产业链稳定性显著增强。此外,人工智能通过构建跨领域知识网络发挥替代效应。当面临“断链、卡链、堵链”等潜在风险和危机时,该多元化知识网络能迅速触发替代方案[15],积极响应产业链的生产、销售及原材料供应环节,提升抗风险能力。最后,工业机器人嵌入制造业物流运输环节,能够显著降低仓储及物流成本。具体而言,以四足机器人、工业机器狗、物流无人机为代表的智能装备,通过智能化算法深度融入自主生产、搬运、实时仓储管理及智能配送等环节,有效压缩生产成本、存储成本与运输成本[29],在大幅度提升运营效率同时,增强生产体系稳定性。简言之,人工智能的大数据算法与工业机器人的自动化应用,能够有效增强全球产业链在遭受冲击后的重组能力,使全球产业链的稳定性提升。综上,如果制造业智能化已具备预判全球产业链潜在风险的能力,并能完善其受到冲击后的应对机制。那么在关税冲击下,制造业智能化是否依然能发挥效应从而降低产业链波动率?本文旨在检验制造业智能化在关税冲击下对产业链稳定性的作用。

基于上述分析,本文提出假设:

在制造业智能化作用下,会削弱关税冲击对产业链波动率的影响,使产业链稳定性提升(H2)。

### (三)加征关税对产业链稳定性影响的机制效应

关税对规模经济效应的影响。当出口国受到外部关税冲击时,导致出口需求锐减[30],出口国企业会通过双重路径重构规模效应:一方面,寻求国内多元化销售渠道以缓解较高出口成本[4];另一方面,积极开拓

新的国际市场以弥补需求缺口[18]。这一过程通过拓宽市场渠道，扩大规模经济效应，强化产业链稳定性。然而，规模效应越大也表现出对国际市场的较高依赖性。在变乱交织的全球经济环境下，反而影响产业链稳定性。据此，本文提出加征关税通过规模经济效应影响产业链稳定性。规模效应的存在也能够分摊出口国企业研发新技术的成本，从而作用于技术创新。

关税对技术创新效应的影响。出口国受到外部关税冲击影响，出口成本剧增，迫使企业通过提升技术创新能力，重构国际市场竞争力[31]。具体机制表现为：当关税冲击导致出口规模收缩时，出口国企业为了维持原有市场份额，不得不开拓新的销售渠道，这将持续驱动技术创新，以增加产品销量，重塑比较优势[18]，强化抗风险能力。此时关税冲击反而促进了技术创新。然而，Aghion 等[32]认为贸易摩擦在带来竞争效应的同时会引发生产率变动。当竞争程度较低时，贸易摩擦所带来的竞争能够促进技术创新；反之，当竞争程度较高时，竞争则会抑制技术创新。表现为当出口国产品需求急剧下降，迫使出口国企业不得不重新配置资源，将生产重心转向新的产业链条，从而削减对人工智能等前沿技术的研发投入，影响技术创新速度[4]，使产业链稳定性降低。综上，关税冲击能够作用于技术创新，影响产业链稳定性。

关税对人力资本效应的影响。加征关税将推高消费者购买成本，引致工资收入下降[3]，进而削弱产业链稳定性。同时，关税上升也将导致出口成本增加，迫使企业收缩生产规模，缩减出口产品范围，进而降低相关行业的劳动者需求与规模[33]，即人力资本水平降低。在面对关税冲击时，各经济体倾向于实施与产业政策更加匹配的人才战略[34]，缓解对产业链稳定性的负面冲击。故而，在加征关税影响下，人力资本水平会降低，引发产业链波动率提高。

基于上述分析，本文提出假设：

关税冲击通过规模经济效应、技术创新效应、人力资本效应影响产业链稳定性（H3）。

## 四、研究设计与数据说明

### （一）计量模型设定

#### 1. 加征关税对产业链稳定性的影响

为考察关税冲击对产业链稳定性的影响，本文参考张鹏杨等[21]研究，构建基准计量模型设定如式（1）所示。

$$Vol_{cit}=\alpha_0+\alpha_1 Tax_{it}+\gamma Controls_{it}+\lambda_t+w_i+\varepsilon_{cit} \tag{1}$$

其中：$c$ 为国家或地区；$i$ 为行业；$t$ 为年份；$Tax_{it}$ 为中国各行业面临的实际关税，衡量关税的影响；$Vol_{cit}$ 为产业链稳定性；$Controls_{it}$ 为控制变量；$\lambda_t$、$w_i$ 分别为年份固定效应、行业固定效应；$\varepsilon_{cit}$ 为残差项；$\alpha_0$、$\alpha_1$、$\gamma$ 为估计系数；$\alpha_1$ 为关税冲击对产业链韧性的影响。为降低可能存在的遗漏变量问题，本文控制行业固定效应和国家固定效应。式（1）中，如果 $\alpha_1$ 的估计值显著为负，则说明关税冲击降低了产业链的波动性，有助于提升产业链稳定性；反之，则说明关税冲击提高了产业链的波动性，降低了产业链稳定性。

#### 2. 制造业智能化与加征关税对产业链稳定性的影响

在前文基础上，进一步检验制造业智能化在关税冲击影响下对产业链稳定性的作用机制。基于式（1）加入制造业智能化变量形成交互项，计量模型设定如式（2）所示。

$$Vol_{cit}=\alpha_0+\alpha_1 Tax_{it}+\beta_1 Tax_{it}\times InStock_{it}+\gamma Controls_{it}+\lambda_t+w_i+\varepsilon_{cit} \tag{2}$$

其中：$InStock_{it}$ 为工业机器人的数量，代表制造业智能化；$\beta_1$ 为关税冲击和制造业智能化交互项对产业链稳定性的影响系数。在此回归模型下，需重点关注 $\beta_1$ 和 $\alpha_1$ 的系数变化。如果 $\beta_1$ 的估计值显著为正，则说明制造业智能化提高了产业链波动率，降低了加征关税影响下的产业链稳定性；反之，则说明制造业智能化降低了产业链波动率，提高了加征关税影响下的产业链稳定性。

### （二）指标测定

#### 1. 产业链稳定性和韧性的测定

本文借鉴 Antràs 等[35]及 Antràs 和 Chor[36]的方法，以产业链的产出上游度（$Out$）和投入下游度（$Dos$）为基础进行测算。产出上游度和投入下游度通过计算各制造业部门与最终消费者的平均“距离”，并根据各行

业比重测算,具体的测算方式如式(3)和式(4)所示。

$$Out_{cit} = \hat{X}^{-1}(Y + 2\Lambda Y + 3\Lambda^2 Y + \cdots) = \hat{X}^{-1}(1 - \Lambda)^{-2}Y \tag{3}$$

$$Dos_{cit} = (V^{\mathrm{T}} + 2V^{\mathrm{T}}B + 3V^{\mathrm{T}}B^2 + \cdots)\hat{X}^{-1} = V(1 - B)^{-2}\hat{X}^{-1} \tag{4}$$

其中:$Y$ 为全球各经济体各行业的最终产品需求矩阵;$\Lambda$ 为直接投入系数矩阵,表示各经济体中间投入占总产出的比重;$(1 - \Lambda)^{-1}$ 为列昂惕夫逆矩阵;$\hat{X}$ 为以各经济体各行业总产出为元素的对角矩阵;$V$ 为增加值矩阵;$B$ 为直接产出系数矩阵;$(1 - B)^{-1}$ 为 Ghosh 逆矩阵。

根据式(3)可以具体测算各经济体各行业的产出上游度指数。产出上游度的值越大,则表示该行业越靠近上游,与最终消费者距离越远,嵌入全球价值链的方式越复杂。同理,根据式(4)可以具体测算各经济体各行业的投入下游度指数。投入下游度指数越大,表示该行业越靠近下游,与最初投入端的距离也越远。

在此基础上,产业链稳定性($Vol$)借鉴杨仁发和郑媛媛[37]的方法进行测度,测算方法如式(5)和(6)所示。

$$Ou_{cit} = Out_{cit} - \overline{Out_{cit}} \tag{5}$$

$$Vol_{cit} = \left[\frac{\sum_{t=1}^{T}\left(Ou_{cit} - \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}Ou_{cit}\right)^2}{T - 1}\right]^{1/2} \tag{6}$$

其中:$\overline{Out_{cit}}$ 为国家 $c$ 在 $t$ 年 $i$ 行业产业链上游度的平均值;$Ou_{cit}$ 为剔除产业链长度均值后的产业链上游度;$T$ 取 3 年。通过该方法测算的 $Vol_{cit}$ 为产业链在一定时期内的波动程度。通过式(3)测算产业链上游度,进而按照式(5)和式(6)方法,对全球产业链的波动率进行测算,以此作为衡量产业链稳定性的指标。$Vol$ 数值大小与全球产业链波动率相关,即数值越大,表明全球产业链的波动越大,稳定性越差。同理也可以将投入下游度($Dos$)按照式(5)和式(6)方法,测算产业链波动率($Vold_i$)用于产业链稳定性的稳健性检验。

产业链韧性($Res$)借鉴何茜茜等[16]的方法,运用产出上游度或投入下游度的增长率与 2008 年产出上游度或投入下游度的增长率之差进行测算,运用产出上游度测算产业链韧性的方法如式(7)所示。同理,也可以运用投入下游度进行计算。

$$Res_{cit} = \frac{Out_{cit} - Out_{ci,t-1}}{Out_{ci,t-1}} - \frac{Out_{ci,t=2008} - Out_{ci,t=2007}}{Out_{ci,t=2007}} \tag{7}$$

通过式(7)测算的产业链韧性,其差值越大则表示产业链韧性越强,作为衡量产业链稳定性的稳健性检验指标。

**2. 加征关税的测定**

关税计算一般有两种方法:一种是简单平均方法,倪红福等[7]在测定行业层面关税时使用简单平均法,将 HS 编码的产品关税数据整合到世界投入产出表(WIOD)各行业。本文借鉴倪红福等[7]对 HS 编码的产品层面关税率进行简单平均得到行业层面关税率($Mtax$)进行稳健性检验。另一种是根据贸易额比重加权平均方法。借鉴李小平和崔致远[3]及纪珽等[38]的方法,通过出口产品面临的实际税率,以及产品的贸易额占各行业的贸易额比重,加权得到各行业的实际关税,以衡量各行业面临的关税壁垒。中国各行业面临的实际关税($Tax_{it}$)定义如式(8)所示。

$$Tax_{it} = \sum_{J}\frac{T_{tnj}}{T_{it}}tar_{tnj} \tag{8}$$

其中:$T_{tnj}$ 为 $t$ 年出口到地区 $n$ 产品 $j$ 的贸易额;$T_{it}$ 为 $t$ 年行业 $i$ 出口到地区 $n$ 的总贸易额;$tar_{tnj}$ 为 $t$ 年出口到地区 $n$ 产品 $j$ 的实际关税;$J$ 为行业 $i$ 的产品集。

**(三)数据来源与处理**

本文产业链稳定性基于 2023 年 OECD-ICIO 数据,借鉴 Antràs 等[35]及杨仁发和郑媛媛[37]方法进行测算。制造业智能化考虑到跨国数据的可获得性,借鉴 Acemoglu 和 Restrepo[39]方法,选取工业机器人使用存量的对数衡量,数据来自 IFR。关税按照 2006—2019 年中国出口至全球其他国家或地区的关税进行计算,

数据来源于 WITS 数据库，涵盖以 HS 产品编码统计的所有产品，包含进口贸易值，出口国家或地区，产品关税税率指标。由于 OECD-ICIO 和 IFR 匹配的数据库使用的是 ISIC Rev. 4 编码，而在 WITS 数据库下载的关税数据使用的是 HS 编码，因此需要按照联合国提供的产品编码对照表将 HS 编码与 ISIC Rev. 4 相对应，最终将 HS 编码实现与 ISIC Rev. 4 和 IFR 行业分类相匹配，从而能够计算 ISIC Rev. 4 行业层面关税指标，实现 OECD、WITS、IFR 三个数据库的数据对应。最终得到 2006—2019 年 60 个国家或地区 15 个行业观测样本。本文控制变量来自 WDI。主要包含经济发展水平（*Gdpgrowth*），用 GDP 增长率测算；外商直接投资（*Fdi*），用对外直接投资占 GDP 比值表示；对外开放程度包括进口（*Import*）和出口（*Export*），分别用进口贸易额和出口贸易额占 GDP 比值表示；劳动力（*Employ*），用就业人口占总人口的比值表示。描述性统计见表 1。

**表 1　描述性统计**

| 变量 | 样本量 | 均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|---|---|---|---|---|---|
| *Vol* | 10738 | 0.077 | 0.0495 | 0.0016 | 0.288 |
| *Tax* | 10738 | 5.362 | 6.728 | 0 | 68.650 |
| ln*stock* | 10148 | 8.030 | 2.718 | 0.693 | 12.850 |
| *Import* | 10738 | 31.630 | 3.015 | 27.690 | 39.510 |
| *Gdpgrowth* | 10738 | 3.365 | 2.257 | −1.118 | 6.224 |
| *Fdi* | 10738 | 6.794 | 3.019 | 1.897 | 11.910 |
| *Export* | 10738 | 34.550 | 5.802 | 27.870 | 45.130 |
| *Employ* | 10738 | 54.620 | 1.604 | 51.750 | 56.070 |

## 五、实证结果分析

### （一）基准回归

表 2 展示基准回归（1）的结果。（1）列未包含控制变量和固定效应，（2）列未包含控制变量，（3）列仅包含控制变量，（4）列包含控制变量及国家和行业固定效应。（1）列～（4）列关税的系数为正，表示关税冲击增加了产业链的波动率，使产业链稳定性降低。该结果与李小平和崔致远[3]论证的增加关税对全球价值链地位具有负向影响的研究基本一致，也与张鹏杨等[1]提出的关税冲击会影响进口供应链不确定性保持一致，假设 H1 得以验证。然而，值得关注的是，从影响系数来看，关税增加对中国产业链波动性的冲击效应有限。这主要得益于中国超大的市场规模及日益完善的国内大循环优势，表明中国产业链已具备较强稳定性。

**表 2　基准回归结果**

| 变量 | *Vol* | | | |
|---|---|---|---|---|
| | （1） | （2） | （3） | （4） |
| *Tax* | 0.0004***<br>（0.0001） | 0.0001<br>（0.0002） | 0.0004***<br>（0.0001） | 0.0003*<br>（0.0001） |
| 控制变量 | 否 | 否 | 是 | 是 |
| *Constant* | 0.0749***<br>（0.0005） | 0.0768***<br>（0.0012） | −0.7485***<br>（0.0061） | 0.0429***<br>（0.0009） |
| 国家固定效应 | 否 | 是 | 否 | 是 |
| 行业固定效应 | 否 | 是 | 否 | 是 |
| $R^2$ | 0.0029 | 0.1114 | 0.1973 | 0.2233 |
| 样本量 | 10738 | 10738 | 10738 | 10738 |

注：*、**、*** 分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号中为稳健标准误。

表 3 展示了关税冲击与制造业智能化的估计结果。（1）列未包含控制变量和固定效应，（2）列仅包含控制变量，（3）列包含控制变量及国家和行业固定效应。结果显示，关税的系数为正且显著，表示在加入制造业智能化情况下，加征关税仍然提高产业链的波动率，降低产业链稳定性；交互项对产业链稳定性的系数为负且显著，表示当各制造业融入人工智能后，制造业智能化能够有效应对加征关税对产业链带来的冲击，降低产业链波动率，使产业链稳定性提高，假设 H2 得以验证。该结果与胡化广等[15]研究一致。从影响系数来看，产业链波动率的影响系数绝对值虽较小，但相比中国产业链波动率的均值 0.077 而言，未纳入制造业智能化对产业链波动率的影响为 9.1%，纳入制造业智能化后对产业链波动率的影响为 1.3%，意味着制造业智能化在 14.3%的水平上可以应对加征关税对产业链波动带来的影响，提升产业链稳定性。

**表 3　关税冲击与制造业智能化**

| 变量 | *Vol* | | |
|---|---|---|---|
| | （1） | （2） | （3） |
| *Tax* | 0.0009***<br>（0.0001） | 0.0023***<br>（0.0002） | 0.0007***<br>（0.0002） |
| *Tax*×ln*stock* | −0.0001***<br>（0.0000） | −0.0003***<br>（0.0000） | −0.0001***<br>（0.0000） |
| 控制变量 | 否 | 否 | 是 |
| *Constant* | 0.0743***<br>（0.0006） | 0.0767***<br>（0.0012） | 0.2772***<br>（0.0084） |
| 国家固定效应 | 否 | 是 | 是 |
| 行业固定效应 | 否 | 是 | 是 |
| $R^2$ | 0.0037 | 0.1469 | 0.2863 |
| 样本量 | 10148 | 10148 | 10148 |

注：*、**、*** 分别表示 10%、5%、1%的显著性水平；括号中为稳健标准误。

### (二)稳健性检验

#### 1. 替换核心解释变量

关税冲击对产业链的作用效果可能不会立即体现。为验证关税冲击对产业链稳定性的影响,减轻可能存在的反向因果问题,本文采用核心解释变量关税的滞后一期(*LTax*)作为解释变量,纳入估计模型(1)进行回归。从表 4 的(1)列可以看出,关税冲击降低了产业链稳定性,与假设 H1 保持一致。为进一步验证回归的准确性,本文借鉴倪红福等[7]对 HS 编码的产品层面关税率进行简单平均得到行业层面关税率的方法衡量关税冲击水平,并将该简单平均法计算得到的关税指标(*Mtax*)代替根据贸易额加权计算得到的关税指标(*Tax*)纳入式(2)进行重新估计。从表 4 的(2)列可以看出,关税的系数依然为正且显著,表明加征关税使产业链稳定性降低;交互项系数为负且显著,表明关税冲击在制造业智能化应用下有助于降低产业链的波动率,提高产业链稳定性,验证了假设 H1 和假设 H2。

#### 2. 替换被解释变量

本文借鉴 Antràs 等[35]及潘文卿和李跟强[40]的方法,重新计算产业链的投入下游度,并根据计算的投入下游度($Dos_i$),进一步计算投入下游度的产业链波动率($Vold_i$),并将此指标作为产业链稳定性的替代指标。潘文卿和李跟强[40]用该指标衡量各行业在投入需求上的复杂程度,数值越大,则表明在投入需求链上处于下游位置,且与中间投入需求的关联程度越强。Antràs 和 Chor[36]及 Miller 和 Temurshoev[41]指出产出上游度和投入下游度高度相关。因此,通过该方法计算投入下游度,进而计算产业链的波动率,并将该变量作为被解释变量纳入基准回归进行重新估计,估计结果见表 4 的(3)列和(4)列。(4)列解释变量为简单平均法计算得到的关税指标(*Mtax*),关税的影响系数依然为正且显著,说明通过投入下游度测算的产业链波动率指标与产出上游度计算的产业链波动率指标结果一致,验证了本文基准回归模型的结果。进一步地,本文借鉴何茜茜等[16]对全球产业链韧性的测度方法,并将此估计结果纳入回归。从表 4 的(5)列可以看出,关税冲击降低了产业链韧性;在纳入制造业智能化的情况下,加征关税与制造业智能化的交互项则有助于提升产业链韧性。通过该方法从产业链韧性视角侧面验证了本文结论的稳健性。综上,通过上述估计结果可以充分验证结论的稳健性。

**表 4　稳健性检验**

| 变量 | *Vol* | *Vol* | *Vold* | *Vold* | *Res* |
|---|---|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| *Tax* | | | 0.0003*** | | |
| | | | (0.0001) | | |
| *LTax* | 0.0002* | | | | |
| | (0.0001) | | | | |
| | | | | | |
| *Mtax* | | 0.0007*** | | 0.0003** | −0.0031*** |
| | | (0.0002) | | (0.0001) | (0.0004) |
| *Mtax*×ln*stock* | | −0.0001*** | | | 0.0004*** |
| | | (0.0000) | | | (0.0000) |
| 控制变量 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| *Constant* | −0.6378*** | 0.2752*** | −0.4906*** | −0.4925*** | 0.6246*** |
| | (0.0162) | (0.0072) | (0.0834) | (0.0832) | (0.0061) |
| 国家固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 行业固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| $R^2$ | 0.3000 | 0.2866 | 0.4472 | 0.4472 | 0.1233 |
| 样本量 | 9971 | 10148 | 10738 | 10738 | 10148 |

注:*、**、*** 分别表示 10%、5%、1%的显著性水平;括号中为稳健标准误。

### （三）内生性

针对样本可能存在的选择偏误问题，本文采用倾向得分匹配（PSM）方法，运用卡尺近邻匹配方法进行倾向匹配。

从表5的（1）列可以看出，基于PSM匹配后样本的回归结果与本文基准回归中的结论保持一致。针对遗漏变量存在的内生性问题，采取组内差分法进行检验（表5）。

表5的（2）列中关税冲击的系数为正且显著。在通过差分法考虑内生性之后，关税冲击降低产业链稳定性的结论依然成立。

**表5　内生性检验**

| 变量 | PSM方法 | 组内差分法 |
|---|---|---|
| | （1） | （2） |
| *Tax* | 0.0006**<br>（0.0002） | 0.001**<br>（0.000） |
| 控制变量 | 是 | 是 |
| *Constant* | −0.4371***<br>（0.0487） | −0.545***<br>（0.014） |
| 国家固定效应 | 是 | 是 |
| 行业固定效应 | 是 | 是 |
| $R^2$ | 0.2652 | 0.080 |
| 样本量 | 41118 | 9971 |

注：*、**、***分别表示10%、5%、1%的显著性水平；括号中为稳健标准误。

## 六、机制检验

根据前文理论分析，关税冲击会通过规模经济、技术创新、人力资本效应影响产业链稳定性。因此，本文进一步构建如式（9）所示的计量模型，关注关税冲击对机制变量的影响，以探讨关税通过何种机制效应影响产业链稳定性。

$$M_{cit}=\alpha_0+\alpha_1 Tax_{it}+\gamma Controls_{it}+\lambda_t+w_i+\varepsilon_{cit} \tag{9}$$

其中：$M_{it}$为机制变量，分别代表规模经济（*Scale*）、技术创新（*Pat*）、人力资本效应（*Human*）。

### （一）规模经济效应

理论部分指出，当受到关税冲击影响后，企业积极寻求目标市场，增强企业产品竞争力，开拓多元化的全球生产布局，增强企业的生产规模。本文借鉴张兵和韩天轮[18]方法，采用某行业出口到其他国家出口额的对数形式作为规模经济（*Scale*）的替代变量，纳入机制检验式（9）中进行估计，结果见表6的（1）列。加征关税显著抑制了行业出口份额，存在规模经济效应。这种加征关税对出口规模的抑制作用，将促进出口国企业积极寻求其他替代市场以缓解贸易摩擦带来的出口损失。与假设H3一致。表6的（2）列展示了关税冲击和规模经济效应对产业链稳定性的估计结果。结果显示，加征关税对产业链波动率的系数为正，表明加征关税增加了产业链的波动率，使产业链的稳定性变差，再次验证了假设H1。规模经济效应对产业链稳定性的系数为正且显著，表示随着规模经济效应的增强，产业链波动程度增大，降低了产业链稳定性。加征关税对规模经济效应的影响存在异质性，行业规模越大，产业链波动率越大。原因很有可能表现在，规模大的行业相较于规模较小的行业在产业链上对国际市场的依赖度较高，当发生潜在冲击时，表现为规模效应越大的产业，产业链波动率越大。研究结果与李涛等[4]及张兵和韩天轮[18]的研究相符。

### （二）技术创新效应

关税冲击不仅使企业面临成本上升的压力，而且会倒逼企业加大研发投入，增强技术创新能力。本文用对数形式的专利申请量（*Pat*）衡量技术创新能力，估计结果见表6的（3）列。关税冲击对专利申请量的系数显著为负，说明加征关税显著抑制了专利申请量的增加，降低了技术创新能力。这主要是因为关税冲击使出口国企业出口成本上升，出口份额和利润降低，进而导致出口国企业需要花费较大精力去寻求其他出口目的地，使得出口国企业没有足够精力和充足资金用于研发投入，技术创新能力降低。此外，受到关税冲击影响时，出口国企业出口贸易额降低，导致出口国企业缺乏进行技术创新的动力。该结果与毛其淋和许家云[31]研究结果相符。表6的（4）列展示关税冲击和技术创新效应对产业链稳定性的估计结果。结果显示，技术创新对产业链稳定性的系数为负且显著，表示当技术创新水平提高时，将降低产业链波动程度，使产业链稳定性增强，验证了假设H3。

### （三）人力资本效应

企业受到关税影响后，出口利润空间被压缩，导致实际工资收入降低，工资收入下降会使劳动力就业人

数减少,进而影响产业链的稳定性。本文参考吕越等[28]选取对数形式的年均就业人数(*Human*)衡量人力资本数量,估计结果见表6的(5)列。加征关税对人力资本水平的系数显著为负,表明加征关税导致人力资本水平下降,该结果与李小平和崔致远[3]验证的降低关税会导致人力资本水平提升的结果一致。表6的(6)列展示了关税冲击和人力资本水平对产业链稳定性的估计结果。结果显示,人力资本对产业链稳定性的系数为负且显著,表示随着人力资本水平提高,降低了产业链的波动程度,使产业链稳定性提高。这一结果与戴翔和刘梦[34]、李小平和崔致远[3]得出的人力资本水平提高会促进全球价值链位置攀升的结论基本一致。原因在于,就业人数提高促进了全球价值链分工地位升级,导致产业链波动率降低,产业链稳定性提升,假设H3得以验证。

**表6　机制检验**

| 变量 | *Scale* | *Vol* | *Pat* | *Vol* | *Human* | *Vol* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
| *Scale* | | 0.0023*** | | | | |
| | | (0.0006) | | | | |
| *Pat* | | | | −0.0348*** | | |
| | | | | (0.0002) | | |
| *Human* | | | | | | −0.2892*** |
| | | | | | | (0.0008) |
| *Tax* | −0.0209*** | 0.0001 | −0.0004* | 0.0001 | −0.0002** | 0.0001 |
| | (0.0016) | (0.0001) | (0.0002) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) |
| 控制变量 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| *Constant* | 7.2234*** | 0.3817*** | 0.7393*** | −0.7175*** | 19.4595*** | 5.1791*** |
| | (0.6518) | (0.0066) | (0.1085) | (0.0057) | (0.0352) | (0.0125) |
| 国家固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 行业固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| $R^2$ | 0.9022 | 0.2566 | 0.6263 | 0.3883 | 0.9113 | 0.3867 |
| 样本量 | 10530 | 10530 | 10738 | 10738 | 10738 | 10738 |

注:*、**、*** 分别表示10%、5%、1%的显著性水平;括号中为稳健标准误。

## 七、进一步讨论

### (一)异质性检验

加征关税和制造业智能化对制造业的影响可能因为技术密集度呈现出显著异质性特征。因此,本文根据OECD按照不同技术水平对制造业进行分类,依次对高、中高、中、中低技术水平的制造业进行检验,从而验证加征关税,以及制造业智能化在加征关税情况下对不同技术水平制造业产业链稳定性的影响情况,回归结果见表7。

**表7　异质性检验**

| 变量 | 高技术制造业 | 中高技术制造业 | 中技术制造业 | 中低技术制造业 |
|---|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| *Tax* | 0.0080*** | 0.0008*** | 0.0016*** | −0.0019*** |
| | (0.0016) | (0.0002) | (0.0004) | (0.0002) |
| *Tax*×ln*stock* | −0.0012*** | −0.0001*** | −0.0002*** | 0.0003*** |
| | (0.0002) | (0.0000) | (0.0000) | (0.0000) |
| 控制变量 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| *Constant* | −2.4615*** | −0.7728*** | −0.0915*** | −0.8822*** |
| | (0.0254) | (0.0049) | (0.0078) | (0.0097) |
| 国家固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 行业固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| $R^2$ | 0.5168 | 0.5577 | 0.2807 | 0.3221 |
| 样本量 | 708 | 2950 | 1652 | 3245 |

注:*、**、*** 分别表示10%、5%、1%的显著性水平;括号中为稳健标准误。

由表7的(1)列~(3)列估计结果可知：高技术、中高技术、中技术制造业关税冲击对产业链稳定性的影响为正且显著，表明这些制造业在面临关税冲击时，产业链的波动率增加，影响了产业链稳定性；关税和制造业智能化的交互项对产业链稳定性的影响为负且显著，表明这些行业在人工智能作用下，虽然面临着关税冲击对产业链稳定性造成的负向影响，却仍然可以提高产业链稳定性，再次印证了制造业智能化对产业链稳定性的促进作用。表7的(4)列展示了中低技术制造业估计结果，结果与其他制造业的作用系数相反，这很有可能是因为，中低技术制造业受到加征关税的影响有限，所以加征关税反而导致产业链稳定性增强。而在人工智能作用下，关税和制造业智能化对产业链稳定性的作用为正且显著，这同样表明，中低技术制造业受人工智能的影响较小。因而，在纳入制造业智能化变量时，制造业智能化并未对产业链稳定性产生正向影响②。在此同时，由表7的(1)列~(4)列估计结果可知，高技术制造业关税冲击对产业链稳定性的估计系数绝对值最高，关税和制造业智能化交互项对产业链稳定性的估计系数绝对值也最高。这主要是由于高技术制造业的技术含量高，是各经济体非常重视的关键领域，更容易受到关税制裁，因而受到加征关税的冲击最为显著，体现为关税对产业链稳定性影响最强。与此同时，由于其具有较高的技术含量，当融入人工智能后，高技术制造业能够更快发展，表现为对高技术制造业产业链稳定性的促进作用更为显著。

### (二)加征关税对制造业智能化的异质性探析

基于上述异质性分析，高技术制造业更易受到关税制裁冲击，也更易凭借要素禀赋优势，实现与人工智能的深度融入。因此，本文进一步考察关税冲击对制造业智能化的应用情况及其异质性影响效果。估计结果见表8。

表8的(1)列展示所有样本的估计结果。(2)列~(5)列依次为高、中高、中、中低技术制造业估计结果。(1)列及(3)列~(5)列关税系数为负，表明当各行业面临高关税后，对制造业智能化产生显著抑制作用。原因主要体现在，当面临关税壁垒时，各行业积极寻求生产和销售渠道，以抵消加征关税带来的影响，因而没有时间和精力推动智能化技术发展。该结果与李涛等[4]研究提出的加征关税导致竞争压力抑制技术创新的结论一致。从(3)列~(5)列关税系数的绝对值来看，加征关税对中技术制造业智能化的抑制作用最强，这意味着中技术水平制造业受加征关税的影响较大，从某种程度上抑制了智能化技术进一步发展。(3)列关税的系数不显著，原因可能在于本文中高技术制造业涉及的行业类别较少，且智能化技术与这些行业的融入程度不足。值得注意的是，(2)列高技术制造业关税的系数为正但不显著。综上结果显示，关税壁垒并没有显著抑制高技术制造业的智能化研发进程，反而通过倒逼机制加速了人工智能发展与高技术制造业智能化转型。虽然高技术制造业拥有较高的技术密集度，深度嵌入全球生产网络，受到贸易摩擦等带来的较大冲击，但并未影响高技术制造业智能化转型的持续推进。

**表8　加征关税对制造业智能化的异质性探析**

| 变量 | 全样本 | 高技术制造业 | 中高技术制造业 | 中技术制造业 | 中低技术制造业 |
|---|---|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| *Tax* | −0.0035** | 0.0102 | −0.0015 | −0.0061* | −0.0035*** |
| | (0.0014) | (0.0098) | (0.0023) | (0.0036) | (0.0012) |
| 控制变量 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| *Constant* | −8.1097*** | −5.8296*** | −9.8637*** | −9.0045*** | −1.8873*** |
| | (0.1021) | (0.2365) | (0.1670) | (0.0912) | (0.0822) |
| 国家固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 行业固定效应 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| $R^2$ | 0.9327 | 0.9556 | 0.9714 | 0.9577 | 0.9113 |
| 样本量 | 10148 | 708 | 2950 | 1652 | 3245 |

注：*、**、***分别表示10%、5%、1%的显著性水平；括号中为稳健标准误。

② 为进一步验证不同技术水平制造业产业链稳定性，按照高技术、中技术、低技术制造业为分类标准进行估计，结果与本文表7估计结果基本一致，差异性主要体现在金属制品行业，原因可能在于人工智能对该行业的影响有限。

## 八、结论与启示

产业链稳定性是保障产业链稳健运行的核心目标。在全球经济政治格局深刻变化背景下,探究提升产业链稳定性的有效路径,已成为全球价值链研究的重要方向。本文通过对接2006—2019年WITS关税数据库、IFR数据、OECD-ICIO数据,在计算关税冲击及产业链稳定性基础上,实证考察了关税冲击及制造业智能化对中国产业链稳定性和韧性的影响。研究结果显示:第一,关税冲击能够加剧产业链波动情况,降低产业链稳定性;第二,纳入制造业智能化后,制造业智能化能够在加征关税影响下降低产业链波动情况,增强产业链稳定性;第三,机制检验表明,关税冲击显著削弱规模经济、技术创新及人力资本水平,提高产业链波动率,降低产业链稳定性;第四,异质性研究发现,关税冲击降低了高、中高、中等技术水平制造业的产业链稳定性,在加征关税影响下,制造业智能化有助于提升高、中高、中等技术水平制造业的产业链稳定性,发挥"稳链"效应;第五,进一步研究发现,加征关税抑制了制造业智能化发展,但加征关税并不能抑制高技术制造业的智能化发展。研究结果有助于深入理解关税冲击及人工智能应用背景下产业链稳定性的提升路径。

基于此,本文具有以下政策启示:

首先,根据关税冲击,调整中国制造业产业链布局,确保产业链安全和稳定。本文研究表明,关税冲击使产业链波动率提高,降低产业链稳定性。关税壁垒使出口至目的地的渠道受阻,促使企业积极寻求替代市场,然而在产品尚未销售至其他地区时,则需要将产品转移至国内市场,这就倒逼产业链在原材料的生产、销售等环节构建跨区域布局,通过多元化的区域合作提升产业链稳定性。具体体现在以下方面:第一,强化中国国内的区域产业链韧性,缓解产业链的断链风险。依托超大规模的市场优势在中国打造多中心的区域型产业链,提高产业链安全性和可靠性。第二,打造以中国为核心的区域产业链,提高产业链的抗风险性。依托"一带一路"倡议、《区域全面经济伙伴关系协定》等重点打造和培育以中国为核心的区域型产业链,提高对产业链的影响力。第三,根据行业特征,制定针对性产业链布局政策。针对高技术制造业,要推动人工智能与技术自主创新深度融合,突破"卡脖子"关键核心技术环节,打破技术封锁重塑产业链主导权;针对中低技术制造业,要侧重于人工智能在优化生产流程中的应用,通过控制成本、提高产品质量、提升生产效率等措施,夯实产业链应对风险的能力。

其次,要推动"人工智能+"行动,提高技术创新能力。本文研究表明,人工智能有助于提升产业链稳定性,并且能够降低在加征关税影响下的产业链波动率,使产业链稳定性提高。因而,应对关税冲击要积极发展人工智能,提升科技创新能力,减少对半导体、集成电路等关键核心技术产业链的依赖。发展人工智能要加大研发投入,具体表现在以下方面:第一,重视人工智能在颠覆性技术创新中的作用。一要聚焦人工智能前沿领域,挖掘并培育产业链能够实现自主可控的优势环节;二要依托人工智能的技术溢出效应,带动各行业全生态链的自主创新;三要积极推动人工智能在高技术制造业的深度融合和应用,切实提升产业链在应对风险时的抵御能力。第二,积极开展人工智能领域的标准制定及数据平台建设工作。一方面,积极推动人工智能行业的标准制定,增强中国在技术创新领域的主动权;另一方面,需加快构建人工智能领域的数据集成平台,通过强化数据处理和预测分析能力,建立风险预警机制,如提前基于地缘政治关系或产品销量情况进行推演,以前瞻性规避风险,提升产业链稳定性。第三,促进工业机器人深度融入生产、仓储、销售等产业链核心环节,运用其在生产和运输环节产生的成本抑制作用对冲关税壁垒引发的中间产品出口成本溢价,增强产业链稳定性和韧性。第四,高度重视人力资本在应对产业链风险时的能力。强化人工智能领域的人才培养工作,以中国超强的"人才红利"对冲关税冲击对产业链稳定性带来的挑战。

最后,通过贸易政策等应对关税冲击带来的影响。关税冲击通过影响规模效应对产业链稳定性产生作用。因此,应在贸易政策等方面加快布局,以增强出口规模,缓解关税对产业链稳定性造成的负面影响。第一,依托区域型政策引导企业向风险压力较低的区域转移产业链,构建多元化产业链。通过借助"一带一路"倡议、《区域全面经济伙伴关系协定》及亚太经济合作组织(APEC)等降低关税成本,优化产业链多元化布局,构建多中心区域产业链网络,缓解出口压力。加快《数字经济伙伴关系协定》(DEPA)的落地,打通数据流通障碍,降低贸易成本,扩大出口规模,增强产业链抵御风险能力。第二,积极拓展"出口转内销"渠道,

优化供给结构，提升产业链抗风险能力。在关税冲击背景下，通过转向国内产业链，适度出口转内销，可有效增强产业链稳定性。第三，面对关税冲击，部分出口企业在生产、销售及研发等环节承受着巨大压力，政府需出台财政补贴和税收优惠等政策给予支持。通过提供“贷款融资”“专项金融产品”等配套措施，有针对性缓解企业资金压力，鼓励企业主动开拓市场，扩大销售规模，构建多元化产业链，提升产业链稳定性。

## 参考文献


[1] 张鹏杨，邢静萱，刘锋. 贸易摩擦、供应链不确定性与进口高质量发展——来自全球加征进口关税的准自然实验研究[J]. 国际商务研究，2025(5)：1-20.

[2] 吕越，张杰. 人工智能与产业链韧性提升[J]. 西安交通大学学报(社会科学版)，2024，44(2)：29-38.

[3] 李小平，崔致远. 关税冲击如何影响中国企业的全球价值链攀升[J]. 数量经济技术经济研究，2024，41(7)：71-92.

[4] 李涛，涂玮，李兵，等. 关税冲击与企业数字技术应用[J]. 经济研究，2024，59(12)：130-148.

[5] 肖兴志，王振宇，李少林. 产业链韧性测度方法研究进展[J]. 经济学动态，2024(4)：144-160.

[6] MCNERNEY J，SAVOIE C，CARAVELLI F，et al. How production networks amplify economic growth[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences，2022，119(1)：e2106031118.

[7] 倪红福，龚六堂，陈湘杰. 全球价值链中的关税成本效应分析——兼论中美贸易摩擦的价格效应和福利效应[J]. 数量经济技术经济研究，2018(8)：74-90.

[8] 杨长春，张潇，何明珂. 大变局下全球中高端制造供应链重构趋势及我国对策[J]. 经济管理，2022(5)：5-23.

[9] 宋泓. 关税冲击下的国际贸易秩序演进[J]. 探索与争鸣，2025(8)：10-14.

[10] 刘斌，王乃嘉，魏倩. 中间品关税减让与企业价值链参与[J]. 中国软科学，2015(8)：34-44.

[11] 徐博，杨来科，常冉. 中间品关税减让对企业全球价值链生产长度的影响[J]. 世界经济研究，2021(4)：12-27，134.

[12] AICHELE R，HEILAND I. Where is the value added? Trade liberalization and production networks[J]. Journal of International Economics，2018(115)：130-144.

[13] 高越，魏俊华. RCEP 关税减让与制造业价值链地位变化：基于动态递归 CGE 模型的测算[J]. 世界经济研究，2023(6)：43-59，135.

[14] 柏喆，张超. 全球价值链重构下中国制造业产业链布局与韧性升级[J]. 深圳社会科学，2025，8(2)：36-48.

[15] 胡化广，刘海建，周枫凯. 人工智能的“稳链”效应——来自供应链波动的经验证据[J]. 数量经济技术经济研究，2025(10)：90-111.

[16] 何茜茜，高翔，黄建忠. 工业机器人应用与制造业产业链供应链韧性提升——来自中国企业全球价值链嵌入的证据[J]. 国际贸易问题，2024(2)：71-89.

[17] 霍丽，张林玉. 人工智能驱动中国产业链现代化研究[J]. 西北大学学报(哲学社会科学版)，2024，54(4)：86-102.

[18] 张兵，韩天轮. 关税壁垒、制造业智能化与中国碳排放——工业机器人应用观察视角[J]. 现代财经(天津财经大学学报)，2024，44(5)：62-78.

[19] 张伯伟，马凡慧. 智能制造如何提升产业链供应链韧性：理论机制与实证检验[J]. 经济学动态，2024(11)：20-37.

[20] 辛大楞，邱悦. 人工智能、产业链供应链稳定与企业出口韧性[J]. 经济理论与经济管理，2025，45(2)：37-54.

[21] 张鹏杨，刘维刚，唐宜红. 贸易摩擦下企业出口韧性提升：数字化转型的作用[J]. 中国工业经济，2023(5)：155-173.

[22] 郭皓晨，周慧蕙，高伦，等. 全球税收冲击下中国短期跨境资本流动的结构跃迁与政策响应机制——基于生成式人工智能语义指数的嵌入分析[J]. 技术经济，2026，45(1)：30-42.

[23] 丁浩员，董文娟，余心玎. 贸易政策冲击下的跨国供应链断裂与重构研究[J]. 经济研究，2024(8)：95-113.

[24] 张鹏杨，孙德月，邢静萱. 贸易摩擦下中国外商撤资的动因——来自进口供应链不确定性视角的解释[J]. 技术经济，2025，44(7)：1-15.

[25] BABINA T，FEDYK A，HE A，et al. Artificial intelligence，firm growth，and product innovation[J]. Journal of Financial Economics，2024(151)：103745.

[26] ACEMOGLU D，RESTREPO P. Tasks，automation，and the rise in U. S. wage inequality[J]. Econometrica，2022，90(5)：1973-2016.

[27] 王林辉，周慧琳，钱圆圆，等. 机器人应用冲击、职业可迁移技能和职业-技能合意性[J]. 管理世界，2024，40(11)：85-104.

[28] 吕越，谷玮，尉亚宁，等. 人工智能与全球价值链网络深化[J]. 数量经济技术经济研究，2023，40(1)：128-151.

[29] ALBAYRAK U O，ERKAYMAN B，USANMAZ B. Applications of artificial intelligence in inventory management：A systematic review of the literature[J]. Archives of Computational Methods in Engineering，2023，30(4)：2605-2625.

[30] FAJGELBAUM P D，GOLDBERG P K，KENNEDY P J，et al. The return to protectionism[J]. Quarterly Journal of Economics，2020，135(1)：1-55.

[31] 毛其淋，许家云. 贸易自由化与中国企业出口的国内附加值[J]. 世界经济，2019，42(1)：3-25.

[32] AGHION P，BERGEAUD A，LEQUIEN M，et al. The impact of exports on innovation：Theory and evidence[R]. Cambridge，MA：NBER Working Paper，2018：No. 24600.

[33] GREENLAND A，LOPRESTI J. Import exposure and human capital adjustment：Evidence from the U. S.[J]. Journal of International Economics，

2016(100): 50-60.
[34] 戴翔, 刘梦. 人才何以成为红利——源于价值链攀升的证据[J]. 中国工业经济, 2018(4): 98-116.
[35] ANTRAS P, CHOR D, FALLY T. Measuring the upstreamnese of production and trade flows[J]. American Economic Review Papers and Proceedings, 2012, 102(3): 412-416.
[36] ANTRAS P, CHOR D. On the measurement of upstreamness and downstreamness in global value chains[R]. Cambridge, MA: NBER Working Paper, 2018: 24185.
[37] 杨仁发, 郑媛媛. 数字经济发展对全球价值链分工演进及韧性影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2023, 40(8): 69-89.
[38] 纪珽, 陆毅, 段玉婉. 关税和境内税收协同视角下的国际贸易政策设计[J]. 管理世界, 2025, 41(3): 1-18.
[39] 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.
[40] 潘文卿, 李跟强. 中国制造业国家价值链存在"微笑曲线"吗? ——基于供给与需求双重视角[J]. 管理评论, 2018, 30(5): 19-28.
[41] MILLER R E, TEMURSHOEV U. Output upstreamness and input downstreamness of industries/countries in world production[J]. International Regional Science Review, 2017, 40(5): 443-475.

# Tariff Shocks, Manufacturing Intelligence and the Resilience of China's Industrial Chain

Bai Zhe[1], Zhang Pengyang[2]
(1. School of Marxism, Shenzhen Polytechnic University, Shenzhen 518055, China; 2. Xi Jinping Thought on Socialism with Chinese Characteristics for a New Era Beijing Research Center, School of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

**Abstract**: Enhancing the stability of the global industrial chain is essential for promoting high-quality economic development. The impact of tariff shocks on the stability and resilience of industrial chains were examined by integrating tariff data (WITS), the International Federation of Robotics (IFR), and OECD-ICIO data. The results find that tariff shocks increase industrial chain volatility and reduce stability. Furthermore, incorporating manufacturing intelligence can reduce industrial chain volatility and enhance stability despite the impact of tariff shocks. Mechanism tests indicate that tariff shocks significantly undermine economies of scale, technological innovation and human capital levels, thereby increasing industrial chain volatility and reducing stability. Heterogeneity tests reveal that tariff shocks reduce industrial chain stability in high-, medium-high-, and medium-tech manufacturing industries. Manufacturing intelligence, under the influence of tariffs, is shown to enhance industrial chain stability in these sectors, exerting a stabilizing effect. Further analysis reveals that while tariff shocks slow the development of manufacturing intelligence, they fail to deter sustained intelligent innovation in high-tech manufacturing industries. The research provides important theoretical support for a deeper understanding of trade protection measures such as tariffs and the "AI+" initiative. It also offers a scientific basis for a comprehensive understanding of global industrial chains and building a modern industrial system, which thus holds important policy implications.

**Keywords**: tariff shocks; artificial intelligence; manufacturing intelligence; industrial chain resilience; industrial chain stability; chain-stabilizing effect