

智能装备进口与制造业企业创新质量的关系研究

虞柳明¹, 黄先海²

(1. 中共浙江省委党校浙江省“八八战略”创新发展研究院, 浙江 杭州 311121;

2. 浙江大学经济学院, 浙江 杭州 310058)

摘要: 工业智能化是制造强国建设的主攻方向, 如何借助数智转型提升制造业创新实力, 对于推进创新强国建设和实现中国式现代化具有重大意义。基于 2009—2016 年中国制造业税收调查企业数据, 实证分析智能装备进口对企业创新质量的影响、异质性特征及其作用机制。结果发现: 智能装备进口显著促进了制造业企业的创新质量提升; 其主要机制是通过赋能企业增强研发合作能力和经营运作能力, 推动了创新质量的提升。异质性分析发现: 相较于国有、未拓展服务业务、西部的企业而言, 民营、外资、拓展服务业务以及位于东部和中部地区的企业, 其智能装备进口对创新质量的促进作用更为显著; 工业智能生产装备和智能控制型装备的进口对创新质量具有显著的正向促进作用, 而智能信息化装备和虚拟仿真型装备的进口对创新质量提升效果不显著。研究结论从技术引进和创新合作的角度为中国制造业企业创新质量跃升提供了政策参考。

关键词: 智能装备进口; 创新质量; 赋能型技术; 税收调查企业

中图分类号: F746; F273

文献标识码: A

文章编号: 1005-0566(2025)06-0041-11

Research on the relationship between intelligent equipment import and innovation quality of manufacturing enterprises

YU Liuming¹, HUANG Xianhai²

(1. “Double-Eight Strategy” Innovation Development Institute, Party School of

Zhejiang Provincial Committee of C. P. C., Hangzhou 311121, China;

2. School of Economics, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China)

Abstract: Industrial intelligence is the main direction of building a manufacturing power. How to improve the innovation strength of the manufacturing industry through digital intelligence transformation is of great significance for promoting the construction of an innovation power and realizing Chinese path to modernization. Based on the tax survey data of Chinese manufacturing enterprises from 2009 to 2016, this paper empirically analyzes the impact, heterogeneity characteristics, and mechanism of the import of intelligent equipment on the innovation quality of enterprises. The results showed that the import of intelligent equipment significantly promoted the improvement of innovation quality in manufacturing enterprises; The main mechanism is to empower enterprises to enhance their R&D cooperation and operational capabilities, thereby promoting the improvement of innovation quality. Heterogeneity analysis found that compared to

收稿日期: 2025-03-08 修回日期: 2025-04-13

基金项目: 国家自然科学基金专项项目“数字化变革、数据要素化与经济高质量发展”(72141305); 浙江大学长三角智慧绿洲创新中心开放科研项目“新质生产力发展的内在机理、产业指向与促进体系”(2024KFKY001)。

作者简介: 虞柳明(1996—), 男, 浙江浦江人, 中共浙江省委党校浙江省“八八战略”创新发展研究院研究员, 研究方向为数字经济与创新。

state-owned, non expanded service businesses, and western enterprises, private, foreign-funded, expanded service businesses, as well as enterprises located in the eastern and central regions, the promotion effect of intelligent equipment imports on innovation quality is more significant. The import of industrial intelligent production equipment and intelligent control equipment has a significant positive promoting effect on innovation quality, while the import of intelligent information equipment and virtual simulation equipment has no significant effect on improving innovation quality. The research conclusion provides policy reference for the improvement of innovation quality in Chinese manufacturing enterprises from the perspective of technology introduction and innovation cooperation.

Key words: intelligent equipment import; innovation quality; enabling technology; tax survey enterprises

2024 年 12 月,中央经济工作会议提出了“以科技创新引领新质生产力发展”和“开展‘人工智能+’行动,培育未来产业”的重要部署,进一步强调了以高水平开放推动自主创新、引领产业转型升级的战略意义。在创新实践中,自主创新与技术引进并非对立,而是相辅相成,既是推动科技创新与产业创新深度融合的重要抓手,也是推动新质生产力发展的关键动力。通过进口高端智能装备,企业不仅能提升生产效率,还能借助其所蕴含的前沿技术成果,在组织内部激发学习能力与创新潜能,进而提升整体创新质量。这一过程契合了开放创新与科技赋能的新发展理念。基于此,本文引入赋能型技术的概念,以深化对智能装备进口创新效应的理解。赋能型技术是指能够拓展组织学习边界、提升协同效率、激发内生创新能力的技术类型,其核心特征不在于替代传统生产要素,而在于深度塑造和升级企业的能力结构。相较于以要素替代为导向的体现型技术,赋能型技术更强调技术的嵌入性与系统性,能够为企业创新活动提供持续的内生驱动力。在开放型经济中,智能装备进口不仅体现了技术要素的跨国流动,更蕴含着企业通过引进外部高端赋能型技术以激发内生创新能力的战略逻辑。

然而,中国企业创新活动长期存在数量多、质量低的结构性矛盾,存在明显的“专利通胀”现象。在这一背景下,智能装备进口究竟是在提升专利质量,还是加剧“专利泡沫”?企业应如何以更加开放的战略视野,积极吸收并转化全球工业智能化的先进成果?又应如何在实现技术引进与自主创新良性互动的基础上,持续提升制造业创新质量,探索一条符合中国国情的新型工业化创新路径?特别是在新质生产力成为发展核心动力的背

景下,从赋能型技术视角出发审视智能装备进口,探讨其是否能够通过技术嵌入与能力激发机制推动企业创新质量跃升,从而为构建中国式现代化的创新发展道路提供理论支持与实践路径。对上述理论命题的深入探讨,不仅回应了当前高质量发展与科技强国建设的现实需求,也有望为创新驱动因地制宜发展新质生产力提供坚实的学理基础。

现有文献围绕智能装备进口对创新的影响展开了两方面的讨论,呈现出积极与消极两种观点。一方面,有研究提供了支持智能装备进口对创新具有积极作用的证据。工业机器人和数字产品的进口被认为能够通过加速知识创造和技术溢出显著促进创新活动^[1]。工业智能化转型通过鼓励企业增加研发支出,持续改善生产过程并提升生产率^[2],进而激发了创新活力^[3]。还有研究从劳动力节约型和效率增进型两条路径探讨了人工智能发展对技术创新的推动作用^[4]。具体到工业机器人进口,其对企业创新数量产生了显著的促进效应^[5]。工业机器人等智能装备应用通过提升人力资本的增量与存量^[6],提升企业管理能力并显著促进了企业的技术创新^[7]。另一方面,有研究对智能装备进口的创新效应持消极观点。中国核心智能装备和技术受先发国家控制,存在较强技术依赖性,使得中国企业容易陷入“追赶陷阱”^[8]。同时,企业过度依赖智能装备进口可能忽视对创新过程至关重要的基础研究投入,从而削弱企业自主创新的内生动力,最终抑制创新能力的提高^[9]。另外,进口智能装备占用了企业大量资金,导致自主研发资金匮乏或创新成本过高^[10],削弱了企业的创新动力。关键设备进口过程中契约不完备以及专用性投资不足等因素也会对企业创新

产生负面影响^[11]。

本文的边际贡献在于:第一,首先从赋能型技术视角揭示了智能装备进口对制造业创新质量的显著影响与作用机制,为探寻和总结中国式现代化创新发展道路增添新的理论贡献;第二,更精准地识别企业智能装备,并创新性地构建了智能装备进口资本存量指标,进一步拓展了知识密集型设备的内涵,这一指标的提出不仅丰富了工业智能化相关研究的变量测度方法,还为后续研究提供了可资借鉴的分析框架,第三,结合企业产权性质、业务拓展情况及区域分布等深入分析了智能装备进口对中国制造业企业创新质量的异质性影响,探讨了不同类型智能装备对创新质量的异质性影响,更为全面地展示了智能装备进口对企业创新的内在规律。

一、理论基础与研究假设

(一)智能装备进口与企业创新质量

智能装备相较于传统设备,不仅具备自动化为特征的体现型技术属性,更是典型的赋能型技术载体,融合了人工智能、大数据、智能控制、边缘计算等跨学科、跨领域的前沿科技成果。智能装备将新一代通用技术深度嵌入与系统集成于制造场景中。其核心不在于单一功能的机械替代,而在于通过集成感知、分析、控制、学习等多种智能化能力,持续为企业注入新知识、新数据与新决策手段,推动组织内部知识的动态流动与结构性重组,激活创新资源的再配置机制,进而构建出企业技术能力的内生演化路径链条。

具体而言,智能装备通过“纳数”推动制造业数字化转型,“赋智”助力智能化改造,“互联”提升协同制造效能,“融识”实现系统集成与认知优化,在制造全过程中重塑企业的创新能力结构。其引入的前沿工艺知识、算法模型与工程实践方案,显著扩充了企业的知识存量,提升了应对复杂技术问题和多样性市场需求的能力。智能装备通过数字化手段与实践知识的结合,优化了企业对内组织知识的方式与对外获取知识的路径,增强了大数据环境下的知识发现效率与准确性。尤其是人机交互形式的变革,进一步提高了数据采集与处理效率,为创新过程提供了更加高质量和可验证

的知识基础。在此基础上,智能装备还通过加快产品研发、工艺优化与流程重构等环节,显著提升了研发效率和创新成果的质量。装备中的人工智能算法可在短时间内对海量信息进行学习与筛选,从而优化产品配方或改进生产参数,赋能企业在更短周期内实现高质量的技术突破^[12]。智能装备所带来的研发资源整合和流程优化效应,有助于压缩产品开发周期,提升技术成熟度与市场适应性,从而提高创新的兼容性与延展性^[13]。在开放经济条件下,企业通过进口智能装备不仅是获取硬件工具,更是实现先进知识、技术规范和创新能力外溢的重要渠道。智能装备进口能够为企业引入世界领先的工艺方法和智能控制逻辑,促使其在现有能力基础上实现知识结构的跃迁与创新质量的提升^[14]。据此,提出如下假设。

假设 H1:智能装备进口能够提升制造业企业的创新质量。

(二)赋能型技术与企业创新质量

作为赋能型技术的重要代表,智能装备的引入不仅意味着设备层面的更新换代,更深层次地引发了企业在创新组织形式与知识网络结构上的系统性重构。在开放式创新理论视角下,企业日益依赖外部合作研发以获取异质性知识资源、弥补自身创新短板。合作研发机制能够有效打破内部路径依赖与技术疲劳,提升知识整合能力与协同创新效率。智能装备在嵌入企业核心流程的过程中,亦成为企业与外部科研机构、供应商及平台之间连接互动的桥梁,推动协同机制与知识网络的纵深发展^[15]。首先,智能装备进口通过增强企业研发合作能力,拓展了企业的智能技术合作网络。企业向装备供应商和科研机构等主体购买研发专业服务弥补技术短板,提高了技术理解和掌握能力^[16],激发了内部创新灵感,加速了创新进程,增加了高质量创新成果发生的可能性。其次,通过增强企业研发合作能力,智能装备进口促使企业通过跨领域知识融合与共享,促进知识碰撞和跨界创新,创造性地应用外部专业知识元素提升自身知识广度并进入创新流程^[17],不断提高企业智能知识和技术经验的契合度,加快创新速率,形成良性循环的创新生态系统^[18],从而提高创新

质量。最后,智能装备进口赋能企业研发合作能力,外包特定领域研发任务,帮助企业更加快速地对市场变化,更好地了解市场需求和用户反馈,使创新过程更加贴近市场,降低创新失败的风险。合作双方共同承担研发风险,通过标准化的技术和流程可以提高产品和服务的质量稳定性,共同进行产品的持续改进和创新迭代,确保创新成果更具有市场竞争力和实用性^[19],并提升最终的创新绩效。据此,提出如下假设。

假设 H2:智能装备进口通过增强制造业企业研发合作能力促进制造业企业的创新质量的提高。

智能装备所承载的赋能特性表现为推动企业由传统要素驱动向数据驱动、智能决策驱动的范式转变,重塑了企业的生产流程、管理模式与决策机制^[20],提升了资源配置效率,系统性地增强企业的经营运作能力^[21],为企业实现高质量创新活动奠定了坚实的能力基础^[22]。首先,智能装备进口可显著提升生产效率。凭借灵活的生产模式和定制化能力,智能装备支持企业快速调整生产线,满足多样化和个性化市场需求,更好地完成市场洞察后的生产管理^[23]。通过提高企业运营效率,降低风险,释放财务灵活性,企业能够将更多资源用于高风险创新项目。其次,智能装备进口加速了企业数智化转型。智能装备可实现生产、运营、销售等环节的数字化管理和智能化决策,系统梳理业务流程能够消除冗余环节,改善各环节质量控制,通过虚拟仿真技术缩短产品开发周期、降低成本,使企业能够将更多的资源和精力投入创新研发中,并通过大数据分析提高决策效率和准确性,优化业务流程助力创新效率,提高创新项目执行效率,为创新团队整合更多样化的资源和支持,从而提升创新质量。高效的运营能力支持快速响应市场反馈。企业能够精准把握客户需求,及时调整研发策略与产品设计,确保创新成果更贴近市场需求,推动创新质量的攀升。据此,提出如下假设。

假设 H3:智能装备进口通过增强制造业企业经营运作能力促进制造业企业的创新质量的提高。

(三)智能装备进口影响企业创新质量的异质性

不同所有制企业在各方面存在显著差异。国有企业通常能够获得长期金融支持、公共服务资源以及政策性信息等关键要素,这些资源为企业开展中长期技术创新活动提供了稳定保障;外资企业则在专利积累、基础科研、全球协同研发网络等方面具有明显优势,能够通过跨国资源整合释放更强的知识溢出效应;民营企业虽受外部融资约束影响,但其高度依赖自主创新以维持竞争优势,内部机制更加灵活、市场响应更为敏捷,具备较强的技术突破潜力。据此,提出如下假设。

假设 H4a:智能装备进口提升制造业企业的创新质量存在产权性质异质性。

在业务模式维度上,制造业企业通过拓展服务业务,实现产品和服务的整合,提供整体解决方案。智能装备的引入成为支撑企业业务模式转型的重要技术支点,为制造企业向服务化方向演进提供基础条件。服务业务拓展不仅有助于企业实现收入结构多元化、增强盈利能力,还有助于分散传统产品市场的波动风险,开辟新兴市场需求,从而挖掘更多潜在的创新机会和商业模式。企业在提供综合解决方案过程中,需不断进行产品定制、流程优化与客户反馈机制建设,促使创新活动向纵深延伸。据此,提出如下假设。

假设 H4b:智能装备进口提升制造业企业的创新质量存在业务模式异质性。

从企业所属区域发展差异角度看,东部主要城市群集聚了大量的专精特新企业和灯塔工厂,具备较强的技术基础与产业集聚优势。中部地区吸引和汇聚高技能人才、高等院校和高科技企业等创新资源和机构,激发出更为频繁的创新活动并产出更高质量的创新成果。西部地区也在逐渐加大科技创新投入,陕西、甘肃等省份的科技创新能力持续提升,区域协同创新发展成效逐步显现。据此,提出如下假设。

假设 H4c:智能装备进口提升制造业企业的创新质量存在所属区位异质性。

不同类型的智能装备在功能定位与应用场景上存在较大差异。有一些装备主要聚焦于生产流程的自动化与运行效率的优化,强调流程型

创新的提升;还有一些装备更侧重于产品设计、用户交互与功能定制,强调产品型创新的支持。与此同时,人机交互模式的差异也可能对创新质量产生重要影响。有些智能装备需与操作人员保持高频互动与协同操作,从而提升员工在创新过程中的参与度和反馈效率;还有些智能装备则以高度自主化运行为特征,对人员依赖程度较低,可能削弱知识嵌入与组织学习的深度。智能

装备在实际部署过程中所涉及的安全性与合规性问题亦不容忽视。部分智能装备涉及敏感数据处理或关键基础设施控制,其应用常常伴随更高的监管要求与技术保障成本,可能延缓企业采纳进程,进而影响其对创新产出的质量。据此,提出如下假设(见图1)。

假设 H4d:智能装备进口提升制造业企业的创新质量存在应用场景异质性。

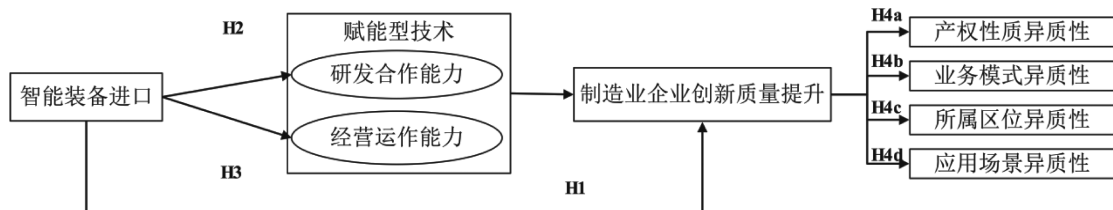


图1 理论框架

二、研究设计

(一) 计量模型设定

本文构建固定效应模型检验税调企业智能装备进口对创新质量的影响估计。模型如下:

$$Inn_Quality_{it} = \theta_0 + \theta_1 IEV_{it} + Z_{it} \theta_2 + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式(1)中,下标*i*在*t*分别代表企业和年份,*Inn_Quality_{it}*表示企业*i*在*t*年的创新质量;*IEV_{it}*是企业*i*在*t*年的智能装备进口资本存量;*Z_{it}*是一系列控制变量; μ_i 、 δ_t 分别代表企业固定效应和时间固定效应; ε_{it} 是随机扰动项。

(二) 变量与数据说明

1. 被解释变量

借鉴张杰等^[24]的方法,采取专利文本中的IPC分类号大组层面的HHI指数的逻辑思路进行加权测算专利知识宽度。其测算思想是专利分类号间差异越大,知识宽度越大,专利质量表现越高。企业产出并拥有高质量专利是需要不断积累创新能力,若采用中位数的方法进行加总可能会低估中小企业的创新质量。本文借鉴曲如晓等^[25]的测算思路,采用企业当年申请的发明专利中的知识宽度最

大值代表企业的创新质量(*Inn_Quality*)。

2. 核心解释变量

本文的核心解释变量为企业智能装备进口资本存量(*IEV*)。本文通过《新一代人工智能发展规划》《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》和《“十四五”智能制造发展规划》等文件构建一个工业智能化术语词典,梳理出工业智能生产装备、智能信息化装备、智能控制型装备和虚拟仿真型装备等四大类技术装备,搜索上述装备的8位HS编码,用以识别制造业企业进口智能装备情况^①。由于智能装备部署进生产经营系统中,而并不是作为当期直接消耗,考虑智能装备进口后将长期影响企业创新决策,基于永续盘存法估算智能装备进口的资本期初存量并结合海关数据检索智能装备资本进口流量进行估算。同时,全国税收调查数据属于抽样数据,并不能保证样本期内每个企业均能被抽样调查。企业数据不连贯并不意味着企业破产退出而是未被纳入调查名单。首先,需要将2009—2016年全国税收调查制造业企业在样本期内扩充成年份连贯数据,完成与海关数据库的匹配实现智能装备进

① 工业智能化术语词典具体术语:AI技术、工业机器人、人工智能、计算机技术、信息技术、智能化、自动化、神经网络、虚拟现实、数据科学、数据挖掘、数字化、信息化、生物识别、增材制造、数控机床、机器视觉、图像识别、语音识别、云计算、云平台、数字孪生、工业软件、物联网、大数据、3D打印。部分智能装备的HS编码:84795090,84795010,84589120,84589900,85176229,90229090,85437099,84853020,84853010。由于篇幅原因无法完全展示,具体HS编码作者留存备案。

口测算。其次,由于全国税收调查数据的特殊性,本文根据样本期内*i*企业智能化装备进口总量($IEIM_i$)估算样本期中首期的智能装备资本存量(IEV_{i0}),具体计算公式为 $IEV_{i0} = \delta \times IEIM_i$,其中 δ 表示为固定资本折旧率,选取 Corrado 等^[26]估算的 $\delta = 15\%$ 。再次,计算样本期内*i*企业各年的智能装备进口存量(IEV_{it}),具体计算公式为 $IEV_{it} = (1 - \delta) IEV_{it-1} + IEIM_{it}$ 。最后,仅保留全国税调数据中原有样本。通过上述流程,可以估算出企业智能装备进口资本存量(IEV)。

3. 控制变量

资产负债率(Lev),以企业总负债年末数与总资产年末数的比值进行表示。净资产收益率(ROE),以企业营业净利润与净资产比值进行表示。资产现金回收率(Acr),以企业经营活动现金净流量与年平均总资产的比值表示。企业规模($Size$),以企业年末总资产对数值进行表示。企业年龄(Age),以企业与企业成立之年之差并加 1 的对数值表示。研发开支(RD),管理费用中列支的研究新产品、新技术、新工艺发生的费用加 1 后取对数值。全要素生产率(TFP),使用 OP 法计算。普通设备进口资本存量(EV),以企业进口普通设备资本存量加 1 后的对数值^②。

4. 机制变量

研发合作能力($Co_ability$),指的是企业在进行研究与开发活动时与其他组织、企业或研究机构合作的能力,以外购研发和技术服务费用支出加 1 后取对数处理表示。经营运作能力($Op_ability$),指的是企业在管理其日常业务活动、实现商业目标和提升市场竞争力方面的能力,以营业收入与总资产比值的对数值表示。营业收入与总资产比值表示每单位资产创造的营业收入,反映了企业资产的利用效率。

本文采用的中国海关贸易数据库、全国税收调查数据库和国家知识产权局专利数据库具有高度微观精度和权威性。通过将三大数据库在企业层面进行匹配,得到的企业数据最新更新至 2016

年。最终研究样本覆盖 2009—2016 年中国国家税务总局税收调查统计的 60 478 家制造业企业共 124 451 个观测样本。

表 1 描述性统计结果

变量名	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Inn_Quality</i>	124 451	0.440	0.301	0.000	0.962
<i>IEV</i>	124 451	3.435	5.685	0.000	22.079
<i>ROE</i>	123 468	3.575	747.940	-58 737.000	161 806.000
<i>Size</i>	124 264	12.163	1.758	0.000	21.026
<i>Lev</i>	124 233	0.567	0.325	0.000	12.352
<i>Age</i>	124 362	2.349	0.556	0.000	4.762
<i>Acr</i>	124 315	-1.082	392.777	-94 338.000	49 810.176
<i>RD</i>	124 451	4.215	4.399	0.000	16.587
<i>EV</i>	124 451	1.345	3.827	0.000	19.207
<i>TFP</i>	123 169	4.926	1.068	0.004	13.989
<i>Co_ability</i>	124 451	1.447	3.058	0.000	15.352
<i>Op_ability</i>	123 975	-0.353	0.915	-13.858	15.361

三、实证分析

(一)基础回归

表 2 汇报了双向固定效应模型的基准回归结果。其中,列(1)既未加入控制变量,也未控制年

表 2 基准回归结果

变量	<i>Inn_Quality</i>		
	(1)	(2)	(3)
<i>IEV</i>	0.002 *** (0.000)	0.002 ** (0.001)	0.002 ** (0.001)
<i>ROE</i>	—	—	0.000 ** (0.000)
<i>Size</i>	—	—	0.009 *** (0.003)
<i>Lev</i>	—	—	-0.004 (0.005)
<i>Age</i>	—	—	0.010 (0.006)
<i>Acr</i>	—	—	0.000 *** (0.000)
<i>RD</i>	—	—	0.001 *** (0.000)
<i>EV</i>	—	—	0.000 (0.000)
<i>TFP</i>	—	—	0.004 * (0.002)
企业固定	否	是	是
年份固定	否	是	是
样本量	124 451	92 145	90 230
调整 R^2	0.002	0.307	0.306

注:括号内为企业层面的聚类稳健标准误;***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$, $p < 0.05$ 和 $p < 0.10$ 时有统计学意义。下同。

② 由于本文使用的全国税收调查数据,OP 法能考虑到企业退出的情况,对样本选择偏差进行了很好的处理。普通设备进口资本存量计算方法参照智能装备进口资本存量的估算方法。

份和企业的固定效应;列(2)在模型中纳入了年份和企业的固定效应;列(3)进一步加入了一系列相关的控制变量,同时继续控制年份和企业的固定效应,以确保回归结果的稳健性和解释力。基准回归结果表明,各列中核心解释变量的系数均显著为正,表明制造业企业智能装备进口显著提升了创新质量。列(3)还汇报了各项控制变量的回归情况,控制变量估计结果基本符合预期,实证结果验证了假设 H1。

(二) 内生性检验

1. 工具变量法

针对创新质量高的企业可能通过进口更多的智能装备以进一步提升其生产效率和创新能力,反向因果问题,本文构建工具变量以缓解因内生性导致的偏误。具体而言,选取企业所在行业和所在地区的智能装备进口流量水平和总资本水平之比的对数构建工具变量。其计算公式为 $IV_{jct} =$

$$\ln\left(\frac{1 + \sum_{i \in j, i \in c} IEV_{it}}{\sum_{i \in j, i \in c} cap_{it}}\right)$$

其中, IEV_{it} 代表企业 i 在年份 t 进口的智能装备金额; cap_{it} 代表企业 i 在年份 t 的总资本年末数。由于该工具变量基于行业与地区层面的智能装备进口渗透率,而非企业层面的内生决策,因而具有外生性。行业智能装备进口流量与总资产之比能够反映行业对智能装备的需求变化,这可能激励企业引入先进智能装备以实现产业升级,从而满足工具变量的相关性条件。从表3的回归结果来看,列(1)报告了工具变量两阶段最小二乘法的第一阶段回归,核心系数正向显著。这表明各城市和行业智能装备渗透率越高,越能促进企业智能装备进口的普及。Kleibergen-Paap rk Wald F 统计量和 LM 统计量分别为 217.867 和 209.624,均显著高于临界值,表明不存在识别不足或弱工具变量问题。列(2)报告了第二阶段回归结果,显示核心解释变量的估计系数方向和显著性与基准回归结果一致,表明在控制内生性问题后,制造业企业智能装备进口对创新质量的促进作用依然显著且稳健。

2. PSM-DID

财政部和国家税务总局在 2015 年发布了《关

于进一步完善固定资产加速折旧企业所得税政策的通知》,允许特定行业的企业对 2015 年 1 月 1 日后购置的固定资产采用缩短折旧年限或加速折旧的方法。通过会计处理,加速折旧政策能够在资产使用初期计提较高的折旧额,从而减少当期的应纳税所得额,实现税收递延效应。这一政策通过减轻前期税负,为企业保留了更多现金流,支持其投资和运营活动,并有助于企业更快收回固定资产投资成本,实现价值补偿。对于企业智能装备进口而言,加速折旧政策的实施在多方面具有重要影响。一方面,该政策有效降低了企业在初期投资智能装备的实际支出,减轻了企业在引进高性能、高质量智能装备时的成本负担,从而激励企业加快进口和应用智能装备;另一方面,该政策通过加速折旧的方式,推动企业更新技术设备,淘汰落后产能,引入最新的智能装备以保持竞争力。由于该政策的实施具有国家层面的统一性与较高的外生性,能够为分析智能装备进口对企业创新质量的因果关系提供识别工具。基于对固定资产折旧政策的梳理和解析,本文采用倾向得分匹配(PSM)与广义双重差分(DID)相结合的方法,并生成政策虚拟变量和时间虚拟变量的交乘项($didt$)作为核心解释变量,进行因果关系的识别分析。回归结果如表3列(3)所示,核心解释变量的系数显著为正,该结果验证了基准回归的稳健性,也有效解决了内生性问题。

表3 内生性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)
	IEV	$Inn_Quality$	$Inn_Quality$
IV	0.025 *** (0.002)	—	—
IEV	—	0.024 *** (0.012)	—
$didt$	—	—	0.016 * (0.008)
控制变量	是	是	是
企业固定	是	是	是
年份固定	是	是	是
Kleibergen-Paap rk LM	209.624	—	—
Kleibergen-Paap rk Wald F	217.867 [16.38]	—	—
样本量	90 230	90 230	28 585

注:[]内数值为 Stock-Yogo 弱识别检验 10% 水平上的临界值。

(三) 稳健性检验

本文采用 5 种方法进行稳健性检验。第一,替

换被解释变量。本文创新性地使用生物学中衡量物种丰富度的综合指标 (*Shannon*) 替换知识宽度中专利加权的测算方法,具体公式为: $Shannon_{in} = - \sum_d \alpha_{ind} \ln \alpha_{ind}$ 。其中,下标 *i* 代表企业,下标 *t* 代表专利申请时间,下标 *n* 代表专利,下标 *d* 代表专利分类号大组, α 表示专利分类号中各大组出现的频次与大组总数的比值。*Shannon_{in}* 越大则表明专利中专利分类号间丰富度越高,专利质量表现越高。表 4 列(1)以该指标测算创新质量 (*Inn_Quality*) 进行检验,核心解释变量系数显著为正,说明不同的被解释变量测算方法并未改变基本结论。第二,替换解释变量。采用 10% 的设备资本折旧率重新测算每年企业进口智能装备资本存量 (*IEV^a*) 以避免智能装备折旧率选择对结果可能产生的结构性影响。表 4 列(2)结果表明替换后的核心解释变量依然显著为正,确认了基准检验的可靠性。第三,剔除特殊样本。为避免智能装备生产企业因自身研发和生产智能装备的特定优势和动机可能引发研究结果的偏误,本文剔除了经营范围涉及研发与生产自动化设备、工业机器人、数控机床、智能装备及智能设备的企业样本。表 4 列(3)显示核心解释变量仍然显著为正,证实了基准回归结果的稳健性。第四,考虑相关政策冲击。2012 年 4 月和 11 月,国家知识产权局先后批准北京市等 25 个城市或地区作为专利保险试点地区。本文将知识产权保险试点政策纳入分析,探讨其对企业创新质量的潜在影响。表 4 列(4)显示,在考虑知识产权保险试点政策 (*IPI*) 后,核心解释变量的估计效果依然稳健。第五,考虑极端值的影响。税收调查企业的样本范围广泛,可能存在由于数据采集和记录过程中产生的极端值,从而对基准回归模型的估计结果造成不成比例的干扰,影响模型的准确性和稳健性。本文对核心解释变量 (*IEV*) 进行了前后 1% 的缩尾处理。表 4 列(5)显示核心解释变量依然显著为正,且缩尾处理后的回归系数与基准模型的估计系数相比变化幅度较小,进一步加强了结论的可信性。

表 4 稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	<i>Inn_Quality</i>		<i>Inn_Quality</i>		
	替换被解释变量	替换解释变量	剔除特殊样本	考虑政策冲击	缩尾 1%
<i>IEV</i>	0.002*** (0.001)	—	0.002** (0.001)	0.002** (0.001)	0.002** (0.001)
<i>IEV^a</i>	—	0.001* (0.001)	—	—	—
<i>IPI</i>	—	—	—	-0.005 (0.004)	—
控制变量	是	是	是	是	是
企业固定	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是
样本量	90 230	90 230	86 560	90 230	90 230
调整 <i>R</i> ²	0.239	0.306	0.308	0.306	0.306

(四) 机制检验

根据中介效应检验模型的回归分析,结果见表 5 列(1)和列(2)。核心解释变量的系数显著为正,这表明制造业税调企业的智能装备进口具有显著的研发合作能力增强效应和经营运作能力增强效应。一方面,智能装备进口通过促进企业外购研发服务的增加,显著提升了企业在研发合作中的创新能力。这一过程增强了企业获取前沿技术和创新成果的能力,使其能够有效吸收和利用外部前沿知识与资源,从而进一步提升企业的创新质量,验证了假设 H2。另一方面,智能装备进口能够赋能企业的经营运作模式,通过优化运营流程和提升生产效率,帮助企业提高价值创造的速度和质量。高效的经营运作能力使企业能够快速调整生产和运营策略,更灵活地应对市场和技术环境的动态变化,从而为企业创新质量的提升提供有力支持,并稳固其核心竞争力,实证结果验证了假设 H3。

表 5 机制检验结果

变量	(1)	(2)
	<i>Co_ability</i>	<i>Op_ability</i>
<i>IEV</i>	0.025** (0.011)	0.004*** (0.001)
控制变量	是	是
企业固定	是	是
年份固定	是	是
样本量	90 230	90 062
调整 <i>R</i> ²	0.263	0.850

(五) 异质性分析

1. 产权性质异质性

回归结果如表 6 列(1)~列(3)所示,外资和民营制造业税调企业的智能装备进口显著提升了

其创新质量,而国有制造业企业的影响则为负且不显著。这一结果可能源于产权性质在企业创新行为中的差异,验证了假设 H4a。具体而言,民营企业通常具有更加宽松的创新文化,能够容忍失败并提供试错空间,同时其对市场需求反应更加敏捷,这有助于提高产品的市场适应性和创新质量。外资企业则凭借其先进的技术和管理经验,利用进口的智能装备整合全球创新资源,并通过对本地产商的高质量要求推动产业链整体创新水平的提升。相较之下,国有企业在创新机制上可能存在不健全的问题,例如“委托—代理”矛盾和“预算软约束”现象^[27],导致管理效率低下和资源配置不合理。国有企业往往更倾向于策略性创新^[28],以满足短期的战略需求,而非注重长期创新质量的提升。

2. 业务模式异质性

表6列(4)和列(5)的实证分析表明,拓展服务业务的制造业税调企业通过智能装备进口显著提升了创新质量,而未拓展服务业务的企业则呈现负向但不显著的影响。这种差异可能与企业在市场竞争中的定位和战略选择有关,实证结果验证了假设 H4b。首先,服务业务的拓展加强了企业与客户互动,使智能装备能够更有效地融入产品设计和改进过程,通过快速响应客户需求实现创新质量的提升。其次,拓展服务业务的企业在更加激烈的市场竞争环境中,通过智能装备的引入强化数据支持和生产智能化,进一步提高了创

新效率和产品质量,从而维持竞争优势。相比之下,未拓展服务业务的企业通常对市场变化的敏感性较低,缺乏与客户的深度互动和及时的市场反馈机制,即便引入智能装备,也难以将其转化为创新动力,进而影响创新质量的提升。

3. 所处区位异质性

中国高质量专利的申请数量和占比在空间分布上具有显著的区域差异^[29]。表6列(6)~列(8)的回归分析结果显示,东部和中部地区制造业税调企业的智能装备进口显著提升了创新质量,西部地区的效果则不显著。这种区域差异可以归因于地区间经济发展水平和资源禀赋的差异,为假说假设 H4c 提供了实证检验。东部地区制造业企业拥有国内领先的技术水平、先进设备以及较强的资本积累能力,能够更高效地吸收和利用智能装备,以提高生产效率和创新能力,从而显著提升创新质量。中部地区虽然在技术水平上稍逊于东部,但在人才储备、教育水平和科技创新能力方面具有相对优势,并且对技术升级的需求更为迫切。智能装备的引入为中部企业带来了显著的技术更新和知识积累效应,从而推动了创新质量的提升。相比之下,西部地区由于基础设施薄弱、技术资源和高技能人才匮乏,以及产业链和供应链的不完善,限制了企业对智能装备的吸收和利用能力。尽管近年来西部地区科技投入有所增加,但在提升创新质量方面仍面临较大挑战,因此智能装备进口的效果并不显著。

表6 企业异质性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	所有制			服务业务		所处区位		
	国有企业	民营企业	外资企业	拓展	未拓展	东部	中部	西部
	Inn_Quality							
IEV	-0.002 (0.001)	0.002 * (0.001)	0.005 *** (0.002)	0.003 *** (0.001)	-0.000 (0.002)	0.002 * (0.001)	0.003 * (0.002)	0.002 (0.002)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
企业固定	是	是	是	是	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是	是	是	是	是
样本量	31 569	29 697	21 900	53 937	36 283	65 867	15 250	10 084
调整 R ²	0.303	0.314	0.308	0.316	0.289	0.307	0.315	0.299

4. 应用场景异质性

基于智能装备的主要用途,本文将其分为工业智能生产装备 (AutoV)、智能控制型装备 (InfoV)、

智能信息化装备 (ContV) 和虚拟仿真型装备 (VrV), 探究不同类型的智能装备进口对制造业企业创新质量提升的影响。表7详细呈现了各类智

能装备进口资本存量对创新质量的实证检验结果,验证了假设 H4d。研究表明,工业智能生产装备与智能控制型装备的进口显著提升了企业的创新质量。这可能是因为自动化设备、机器人与数控机床等工业智能生产装备可优化生产流程,提升效率、质量与柔性化水平,并拓展产品设计与制造的创新空间,从而直接推动创新质量提升。智能传感器与自动化控制系统等智能控制型装备通过精准控制与实时监测,增强生产过程的稳定性与可控性,为企业营造良好的创新环境。这两类装备集成了先进的数字化与制造技术,不仅支持智能化生产,还通过数据采集与分析促进数据驱动决策,缩短产品开发周期,增强企业的市场响应能力。相比之下,智能信息化装备与虚拟仿真型装备虽有助于创新质量提升,但影响不显著。前者主要服务于管理与信息系统优化,提升路径较为间接;后者虽在产品设计与工艺规划中具有作用,但对最终创新质量的直接推动有限。这两类装备在生产中的应用广度受限,技术成熟度尚不足,且对企业内部能力如员工技能、组织结构、创新文化等依赖较大。同时,其对资金与研发投入的需求相对较低,可能进一步削弱了对创新质量的驱动效应。

表 7 智能装备应用场景异质性检验结果

变量	Inn_Quality			
	(1)	(2)	(3)	(4)
AutoV	0.002 ** (0.001)	—	—	—
InfoV	—	0.002 (0.001)	—	—
ContV	—	—	0.002 ** (0.001)	—
VrV	—	—	—	0.002 (0.001)
控制变量	是	是	是	是
企业固定	是	是	是	是
年份固定	是	是	是	是
样本量	90 230	90 230	90 230	90 230
调整 R ²	0.306	0.306	0.306	0.306

四、结论与政策启示

(一) 结论

研究发现,中国制造业税调企业进口智能装备会显著促进企业创新质量提升。这一结果在经过工具变量、PSM—DID、替换核心解释变量和排

除特殊样本等多种方式的内生性检验和稳健性检验后仍保持成立。机制检验表明,智能装备进口会通过研发合作能力增强效应和经营运作能力增强效应促进制造业创新质量提升。异质性检验表明,民营、外资、拓展服务业务、东部和中部的企业智能装备进口对创新质量提升作用更显著。然而,国有、未拓展服务业务、西部的企业智能装备进口对创新质量的影响并不显著。工业智能生产装备和智能控制型装备进口正向促进创新质量提升,而智能信息化装备和虚拟仿真型装备进口对创新质量影响为正向不显著。

(二) 政策启示

第一,企业要积极进口并加快智能装备应用渗透,以智能装备为核心,以数据为基础,因地制宜依托制造单元、车间、工厂、供应链等载体,加速以全场景智能制造为主攻方向的智能化转型进程,持续加强对先进数智技术的吸收与自主创新,从传统的“引进—模仿—自主研发”的单向创新模式向“共同研发和共享创新成果”的双向交互模式转变。

第二,政府要鼓励国内智能装备制造业突破核心领域技术实现高端装备的研发生产,培育一批智能装备产业的“链主”企业,以及在核心零部件和关键技术领域具有专精特新优势的企业和单项冠军企业,促进这些企业融入智能装备产业的全球分工体系,进而将赋能型技术向其他制造业溢出,特别是引领西部地区企业转型升级并提升创新质量。

第三,引导制造业企业在智能化改造流程中应积极与外部研发机构、大学、研究中心建立长期的战略合作伙伴关系,通过外部资源的补充和合作,优化研发流程。鼓励制造业企业获取更多的前沿知识和科研成果,通过“数转智改”实现更多科技成果转化,同时开展围绕制造主业的服务业务,形成系统集成方案提供企业,加速创新成果的产业化进程。

参考文献:

[1] LIU J, CHANG H, FORREST J Y L, et al. Influence of artificial intelligence on technological innovation: evidence from the panel data of China's manufacturing sectors [J]. Technological

forecasting and social change, 2020, 158:120142.

[2]刘佳琪,孙浦阳. 数字产品进口如何有效促进企业创新:基于中国微观企业的经验分析[J]. 国际贸易问题, 2021(8):38-53.

[3]WANG E Z, LEE C C, LI Y. Assessing the impact of industrial robots on manufacturing energy intensity in 38 countries[J]. Energy economics, 2022, 105:105748.

[4]孙早,侯玉琳. 人工智能发展对产业全要素生产率的影响:一个基于中国制造业的经验研究[J]. 经济学家, 2021(1):32-42.

[5]诸竹君,袁逸铭,焦嘉嘉. 工业智能化与制造业创新行为[J]. 中国工业经济,2022(7):84-102.

[6]黄先海,虞柳明,袁逸铭. 工业机器人与企业创新:基于人力资本视角[J]. 科学学研究,2023,41(2):356-368.

[7]邓悦,蒋婉仪. 工业机器人、管理能力与企业技术创新[J]. 中国软科学, 2022 (11): 129-141.

[8]FAN H, HU Y, TANG L. Labor costs and the adoption of robots in China [J]. Journal of economic behavior & organization, 2021, 186: 608-631.

[9]LIU Q, QIU L D. Intermediate input imports and innovations: evidence from Chinese firms' patent filings[J]. Journal of international economics, 2016, 103: 166-183.

[10]张杰,郑文平. 全球价值链下中国本土企业的创新效应[J]. 经济研究,2017,52(3):151-165.

[11]洪联英,刘栩君. 关键设备进口、关系专用性投资与企业技术创新[J]. 国际经贸探索, 2023, 39 (12): 39-56.

[12]COCKBURN I M, HENDERSON R, STERN S. The impact of artificial intelligence on innovation: an exploratory analysis[M]. Chicago: University of Chicago Press, 2018: 115-146.

[13]WANG Y, LIN Y, ZHONG R Y, et al. IoT-enabled cloud-based additive manufacturing platform to support rapid product development[J]. International journal of production research, 2019, 57(12): 3975-3991.

[14]师博. 人工智能助推经济高质量发展的机理诠释[J]. 改革,2020(1):30-38.

[15]刘斐然,胡立君,范小群. 产学研合作对企业创新质量的影响研究[J]. 经济管理,2020,42(10):120-136.

[16]杨鹏,孙伟增. 企业数字技术应用对绿色创新质量的

影响研究[J]. 管理学报, 2024, 21 (2): 232-239.

[17]李泽鑫,赵忠秀. 贸易便利化促进了创新高质量发展吗[J]. 经济学动态, 2023(9): 17-32.

[18]龙小宁,刘灵子,张靖. 企业合作研发模式对创新质量的影响:基于中国专利数据的实证研究[J]. 中国工业经济, 2023 (10): 174-192.

[19]AWATE S, MUDAMBI R. On the geography of emerging industry technological networks: the breadth and depth of patented innovations [J]. Journal of economic geography, 2018, 18(2): 391-419.

[20]刘刚,刘捷. 需求和政策驱动的人工智能科技产业发展路径研究:以东莞市机器人智能装备产业发展为例[J]. 中国科技论坛,2022(1):94-103.

[21]邹起浩,任保平. 新一代人工智能驱动新型工业化:范式变革、实践方向及路径选择[J]. 财经问题研究,2025 (4):15-25

[22]李晓钟,毛芳婷. 数字经济对“一带一路”沿线国家创新绩效的影响研究[J]. 中国软科学,2023(1):40-50.

[23]FOGLIATTO F S, DA SILVEIRA G J C, BORENSTEIN D. The mass customization decade: an updated review of the literature[J]. International journal of production economics, 2012, 138(1): 14-25.

[24]张杰,郑文平. 创新追赶战略抑制了中国专利质量么? [J]. 经济研究, 2018, 53 (5): 28-41.

[25]曲如晓,李婧,高利. 进口对中国企业创新的影响研究[J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报), 2021(2): 45-58.

[26]CORRADO C, HASKEL J, JONA-LASINIO C, et al. Innovation and intangible investment in Europe, Japan, and the United States [J]. Oxford review of economic policy, 2013, 29(2): 261-286.

[27]叶初升,孙薇. 中国“科技创新困境”再审视:技术创新质量的新视角[J]. 世界经济, 2023, 46 (8): 80-107.

[28]宋砚秋,齐永欣,高婷,等. 政府创新补贴、企业创新活力与创新绩效[J]. 经济学家, 2021(6): 111-120.

[29]金培振,殷德生,金桩. 城市异质性、制度供给与创新质量[J]. 世界经济, 2019, 42 (11): 99-123.

(本文责编:润 泽)