

# 劳动保护与企业智能制造转型

## ——来自机器人进口的证据

陈勇兵 李辉 林雄立\*

**摘要:**本文基于中国工业企业数据库与中国海关数据库的匹配样本,借助《劳动合同法》实施这一准实验,采用双重差分模型考察了劳动保护如何影响企业智能制造转型。研究发现,《劳动合同法》实施后,高劳动密集度行业中的企业相对于低劳动密集度行业中的企业,更倾向于应用机器人。这一结论在排除各种可能干扰因素后依然稳健。进一步研究发现,加强劳动保护确实提高了劳动力成本,存在要素替代效应倒逼企业智能制造转型升级,但更重要的是劳动保护稳定了雇佣关系,技能—资本互补效应加速了企业智能制造转型升级。本文揭示了保障劳动者合法权益与加快制造业智能制造转型并不矛盾,优化劳动力市场制度设计助力中国智能制造发展战略的推进落实是政策应有之义。

**关键词:**《劳动合同法》 劳动保护 机器人应用 智能制造转型

**中图分类号:**F424.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3894(2023)06-0133-20

### 一、引言

党的二十大报告指出,要坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,推进新型工业化,加快建设制造强国。而智能制造作为制造强国战略的主攻方向<sup>①</sup>,对于推动制造业高端化和企业形态根本性转变,引领产业数字化发展与智能化升级,助力中国制造业迈向全球价值链中高端具有重要意义。在经济社会转型的关键时期,劳动关系主体及其利益诉求越来越多元化,完善劳动力市场制度、保护劳动者权益是构建和谐劳动关系的重要保障,不仅事关广大职工和企业的切身利益,更事关经济发展与社会和谐<sup>②</sup>。如果没有完善劳动规章制度,就可能损害劳动者的合法权益,而过度保护劳动者与限制劳资之间的合约自由,又可能对企业经营产生不利的影响。因此,劳动力市场政策制定者面临的一个核心问题是,如何实现最优的劳动力市场制度设计,兼顾保护劳动者权益与促进经济发展。理论上来说,经济增长(效率)和社会和谐(公平)在一国发展的过程中往往不易完全兼顾(Musgrave, 1959),如何权衡好效率与公平问题,在经济学理论研究与各国政策实践中都是两难问题。那么劳动保护会阻碍抑或促进企业智能制造转型吗?其具体影响机制又是什么?厘清劳动保护与企业智能

\* 陈勇兵,教授,厦门大学经济学院,电子邮箱:yongbingchen@xmu.edu.cn;李辉,博士研究生,厦门大学经济学院,电子邮箱:leehui2019@163.com;林雄立(通讯作者),博士研究生,厦门大学经济学院,电子邮箱:linxiongli666@163.com。本文获得国家社会科学基金重大项目(19ZDA067)的资助。感谢匿名审稿专家的宝贵意见,文责自负。

① 八部门关于印发《“十四五”智能制造发展规划》的通知(工信部联规〔2021〕207号)。

② 《中共中央国务院关于构建和谐劳动关系的意见》(2015年3月21日)。

制造转型二者之间的关系，不仅是对公平与效率权衡问题的有效诠释，也切实为中国政府完善劳动力市场制度设计在保护劳动者权益的同时，为促进智能制造高质量发展提供坚实的制度性保障提供一定的经验证据。

然而，对于上述问题的科学回答也面临诸多挑战。第一个担忧是普遍面临的因果识别问题。2008年实施的《中华人民共和国劳动合同法》（以下简称《劳动合同法》）为本文研究劳动保护提供了绝佳的准实验契机。首先，《劳动合同法》对劳动合同的订立、履行、变更、解除、终止以及法律责任等进行了严格的限定，加大对违法行为的惩治力度，核心目的就是加大对于劳动者的就业保护力度，促进劳动合同的长期化和稳定化。根据全国人大常委会执法检查组关于检查《中华人民共和国劳动合同法》实施情况的报告，截至2010年末，全国规模以上企业的劳动合同签订率达到97%，较《劳动合同法》实施以前提高了6.3个百分点<sup>①</sup>。其次，《劳动合同法》作为一种劳动保护政策，直接影响的是劳动力要素，因此在法律实施前劳动密集度越高的行业受到的影响越大，这为双重差分的应用提供了基础。具体而言，本文基于2000~2013年中国工业企业数据库与中国海关数据库的匹配样本，巧妙借助2008年1月实施的《劳动合同法》这一准实验，根据《劳动合同法》对于不同劳动密集度行业冲击程度的差异性，以企业所在CIC4位码行业2007年劳动密集度识别了处理组和控制组，采用双重差分方法考察劳动保护对企业智能制造转型升级的影响。然而，《劳动合同法》实施后，受劳动保护冲击强度不同的行业本身就具有不同的特征，比如固定资产使用情况、行业融资约束程度、行业竞争等差异，都会对于利用双重差分模型识别劳动保护与企业行为决策的因果效应造成影响，即估计结果可能并非来自于劳动保护。针对这一问题，本文借鉴Lu等（2019）的做法选取并控制了对行业劳动密集度产生干扰从而影响企业机器人应用的事前决定因素。

第二个担忧是如何科学度量企业智能制造转型。区别于以往的制造技术，智能制造是信息技术与智能制造设备高度匹配的制造模式（Tao等，2018），以工业机器人作为主要载体（Zhou等，2018）的智能制造正在重塑中国制造业，为中国制造升级提供新的发展机遇。工业机器人作为智能制造的主要载体，其规模化应用是制造业从“制造”转向“智造”的重要表现<sup>②</sup>。然而，从企业层面研究机器人应用是非常困难的，主要原因是企业层面数据的不可获得性。从2004年起全球机器人供应商才开始提供数据，中国机器人供应商的数据则是从2013年开始才由中国机器人产业联盟（CRIA）提供。令人遗憾的是，以上数据均为产业层面数据，没有企业层面的机器人应用信息，无法直接且准确地获得企业机器人应用的相关数据。根据我们对中国机器人应用情况的分析发现，2013年之前国内使用的机器人有超过70%是由国外供应商提供的。且目前为止，人工智能在企业生产中的应用主要通过工业机器人实现的，是否采用工业机器人是企业智能制造的重要衡量指标（陈东和秦子洋，2022；Acemoglu和Restrepo，2020）。因此，本文借助中国海关产品贸易数据，利用企业机器人进口数据从企业层面衡量智能制造设备技术的应用，为经验探究中国制造业智能化转型的影响因素提供了较为可行的微观衡量方法。

鉴于此，本文利用2000~2013年中国工业企业数据库与中国海关数据库的匹配样本，

---

① 全国人大常委会执法检查组关于检查《中华人民共和国劳动合同法》实施情况的报告。

② 机器人一词来自捷克语“robita”，意思是强迫劳动。IFR将工业机器人定义为“自动控制、可重新编程和多用途的机器”。也就是说，工业机器人是完全自动的机器，不需要人工操作。

巧妙借助 2008 年 1 月实施的《劳动合同法》这一准实验，根据《劳动合同法》对于不同劳动密集度行业冲击程度的差异性，采用双重差分方法讨论劳动保护对于企业智能制造转型升级的影响。研究发现，《劳动合同法》实施后，高劳动密集度行业相对于低劳动密集度行业，企业应用机器人的概率提高了 2.1%。在 2000~2007 和 2008~2013 区间内，总体制造业企业机器人应用概率提升了 30.1%，劳动保护引致的机器人应用概率增长占总体机器人应用概率增长的 6.88%。这一结论在排除各种可能干扰后依然稳健。机制研究发现，劳动保护加强提高了劳动力成本，确实存在要素替代效应倒逼企业应用工业机器人，以应对用工成本压力。区别于现有文献，本文更重要的发现是，劳动保护程度加强有助于促进劳动者与企业之间形成更为稳定的雇佣关系，这会促使企业对员工进行人力资本投资，技能—资本互补效应会进一步加速企业智能制造转型。

与本文相关的第一支文献主要聚焦于机器人应用的影响因素及其后果。机器人等智能制造设备技术的使用深刻地改变了企业的生产效率与组织方式，受限于数据可得性，企业机器人应用的实证检验大多基于 IFR 提供的从行业或地区层面衡量的机器人应用数据 (Graetz 和 Michaels, 2018)，无法有效考察企业层面工业机器人等智能制造设备技术应用的微观企业决策。以往智能制造相关的研究文献局限于案例、理论定义的阐述 (Zhou 等, 2018；肖静华等, 2021)，认为智能制造是信息技术与制造业高度匹配的制造模式，通过人、机、物全面互联形成的全新制造体系。考虑到工业机器人作为智能制造的主要载体 (Zhou 等, 2018)，其规模化应用是制造业从“制造”转向“智造”的重要表现，本文借助海关产品贸易数据，利用企业机器人进口数据从企业层面衡量智能制造设备技术的应用，为经验探究影响中国制造业智能化转型的影响因素提供了较为可行的微观衡量方法。进一步，区别于现有文献主要探讨人口老龄化 (Acemoglu 和 Restrepo, 2022；Cheng 等, 2019)、最低工资制度 (Fan 等, 2021) 等驱动机器人应用的因素，逻辑思路都是从要素替代角度，考虑劳动力短缺以及劳动力成本上升这一作用机制。本文发现劳动保护加强确实提高了企业劳动力成本，通过要素替代效应倒逼企业应用工业机器人；但更重要的发现是，劳动保护加强稳定了雇佣关系，这会促使企业对员工进行人力资本投资，技能—资本互补效应会进一步加速企业智能制造转型。

与本文相关的另一支文献探究了劳动保护的经济影响。现有文献关于《劳动合同法》经济效应的研究，并没有定论。一些研究发现《劳动合同法》作为重要的劳动保护政策，导致用工灵活性下降和用工成本增加，使得企业经营灵活性下降 (廖冠民和陈燕, 2020)，在短期中面临更大的经营不确定性 (Serfling, 2016)，不利于企业投资 (潘红波和陈世来, 2017)、企业产出 (Cooper 等, 2018) 与企业出口 (张明昂等, 2022；熊瑞祥和万倩, 2022)，产生效率损失 (Bradley 等, 2016)。而另一些文献则发现《劳动合同法》实施提高劳动者福利 (Li 和 Freeman, 2015；杜鹏程等, 2018)，增加了企业利用资本替代劳动的可能性 (刘媛媛和刘斌, 2014；李建强和赵西亮, 2020)。激励企业投资专用性人力资本，提高了企业生产效率 (李波和蒋殿春, 2019；廖冠民和宋蕾蕾, 2020)；增强了企业员工稳定性，降低了创新风险，有利于企业创新 (Chang 等, 2015；倪晓然和朱玉杰, 2016；李建强和赵西亮, 2020)。这支文献有助于加深我们对《劳动合同法》经济影响的认识，相比于这支文献，本文边际贡献有如下两点。首先，本文以企业机器人进口为研究对象，探讨了劳动保护政策对企业智能制造转型的影响及其机制，从一个新的角度进一步拓展《劳动合同法》实施的经济效应评估范畴，强调了劳动力市场制度完善对于企业积累更多技能型人力资本的

促进作用。其次，虽然灵活性不足、安全保护性有余的劳动力市场缺乏效率，但安全保护性不足、灵活性有余的劳动力市场缺乏公平，最终也将缺乏效率（谢增毅，2017），从这一角度而言，劳动保护制度的设计并非平衡效率与公平，而是如何构建公平制度以促进经济发展。因此，本文研究发现《劳动合同法》可以稳定雇佣关系，激励企业进行人力资本投资，技能—资本互补效应会正向激励企业进行智能制造转型，这一结论对继续完善《劳动合同法》为制造业发展提供劳动力市场制度保障提供了微观证据<sup>①</sup>。

## 二、制度背景与理论假说

### （一）制度背景

随着劳动关系的主体及其利益诉求越来越多元化，劳动关系矛盾已进入凸显期和多发期，以“保护劳动者的合法权益，构建发展和谐稳定的劳动关系”为目的的《劳动合同法》应运而生。为保障劳动者权益，2007年6月29日在全国人大常委会上通过了《劳动合同法》，并于2008年1月1日开始实施。相对于《劳动法》而言，《劳动合同法》对劳动合同的订立、履行、变更、解除、终止以及法律责任等进行了严格的限定，加强对违法行为的惩治力度，核心目的就是加大对于劳动者的就业保护力度，促进劳动合同的长期化和稳定化。

首先，《劳动合同法》要求用人单位建立劳动关系之日起，应当订立书面劳动合同；并扩大了无固定期限合同的使用范围，除劳动者在用人单位连续工作满十年，规定“已连续订立二次固定期限合同的，且没有本法第三十九条和第四十条第一项、第二项规定的情形，续订劳动合同的”，用人单位应订立无固定期限合同；取消了劳动合同的约定终止，即双方当事人不得约定劳动合同终止条件，即使约定也无效<sup>②</sup>。其次，《劳动合同法》明确了就业者在劳动报酬、劳动保护、劳动时间、劳动强度和社会保险等方面所应享有的具体劳动福利以及在终止固定期限合同的经济补偿金规定<sup>③</sup>。《劳动合同法》以法律形式规范企业用工行为，一方面加大了对于劳动者的保护力度，促进劳动合同的长期化与稳定化，有利于劳企双方雇佣关系的稳定性；另一方面增加了企业雇佣刚性，明确了劳动者应享受的薪酬待遇等，从而可能导致企业雇佣成本、解雇成本上升，增加企业劳动力成本。

### （二）理论假说

随着信息化、工业化不断融合，智能制造成为世界大国和经济强国竞争的主战场，也是中国制造转型升级的重要战略方向，2015年国务院印发《中国制造2025》，明确将机器人作为重点发展领域，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向（许健等，2022）。以智能制造推动产业技术变革和优化升级，推动制造业产业模式和企业形态根本性转变，将带来宏观经济整体全要素生产率的提升（蔡跃洲和陈楠，2019；肖静华等，2021）。同时智能制造以其数字化和智能化等特征，以机器人作为新兴技术的重要载体和现代产业的关键装备，实现信息技术与制造业务高度匹配的制造模式，颠覆了传统制造方式与技术，推动面向智能制造的技术范式变革，引领产业数字化发展与智能化升级（王涛等，2021）。智能制造转型体现了技术与管理的深度融合（Tao等，2018），成为企业战略创新的重要途径（Zhou等，

---

<sup>①</sup> 规模最大的制造业，也有规模最大的工人群体，当然也潜藏了强度激烈的劳动关系风险。然而，中国却基本保持了劳动关系的稳定，总体上呈现出和谐状态，最大限度地减少了工业化过程中劳动关系风险对社会稳定和国家建设的冲击和影响，极大地支撑了中国经济和社会的健康发展。详情参见：刘向兵《劳动关系学研究70年回顾与展望》，2019。

<sup>②</sup> 《中华人民共和国劳动合同法》第二章第十、第十四条。

<sup>③</sup> 《中华人民共和国劳动合同法》第二章第十七、第四十六条。

2018)，真正实现创新驱动高质量发展。一方面随着智能制造时代的到来，制造业生产周期缩短、劳动力成本降低、生产效率提高，中国企业为应对劳动力短缺和用工成本上涨带来的挑战，会加快智能制造转型的步伐(綦建红和付晶晶，2021)。另一方面，智能制造作为企业应对劳动力成本上升的有效途径，本质上是一种技术范式的变革，不仅是简单引进智能制造关键设备作为基础保障，同时还需要高素质劳动力、较高人力资本水平，使企业技术吸收能力与智能制造设备相匹配，才能真正实现智能化的体系跨越(朱森第，2017)。就此，本文深入分析了劳动保护影响企业智能制造转型的具体机制。

首先，《劳动合同法》作为保障劳动者权益的一项重要显性法律契约，明确了就业者在劳动报酬、劳动保护、劳动时间、劳动强度和社会保险等方面所应享有的具体劳动福利，增加了对企业用工违法行为的惩罚力度，导致企业劳动力成本、守法成本的上升(沈永建等，2017)，对企业生产经营造成负担。根据 Hicks (1932) 的要素替代理论，要素价格的相对升高会使得企业朝着节约昂贵要素的方向发展。当劳动保护导致企业用工成本增加时，企业会选择使用机器替代人工，通过使用机器人提高生产效率，以应对劳动力成本上升压力(朱森第，2017；Cheng 等，2019；綦建红和付晶晶，2021；Fan 等，2021)。尤其在劳动密集型行业中，劳动保护加强，使得劳动力要素价格上升，压缩企业利润空间，逐渐削弱制造业的成本竞争优势，给企业带来严峻挑战。企业选择利用自动化技术替代昂贵的劳动力，将常规、简单、重复性的工作利用工业机器人进行替代，促使工业企业引进效率高的工业机器人来优化生产流程、降低生产成本，促进企业应用机器人，应对劳动力短缺和用工成本上涨带来的挑战，加快企业智能转型的步伐(Acemoglu，2010；Fan 等，2021)。因此，我们认为劳动保护加强提高了劳动力成本，通过要素替代效应机制倒逼企业应用工业机器人。

其次，相对于《劳动法》而言，《劳动合同法》的核心目的就是加强就业保护，促进劳动合同长期化与稳定化，增强了企业员工的安全感和稳定性(Chang 等，2015；倪晓然和朱玉杰，2016；李建强和赵西亮，2020)，改善了劳动力市场环境。现有研究表明在劳动力市场制度约束更为严格的国家中，企业与员工都更有动机对人力资本进行投资，有利于企业积累更多技能型人力资本。对企业员工来说，劳动保护加强相当于企业给予劳动者长期雇佣的承诺，引致员工进行更多的专用性技能投资(MacLeod 和 Navakachara，2007)。对于企业而言，《劳动合同法》实施大大缓解员工离职，尤其是减少核心技术员工离职对企业竞争优势的冲击，激励了企业进行更多的在职培训和在职学习等人力资本投资，提高员工技能和综合素质(李波和蒋殿春，2019；廖冠民和宋蕾蕾，2020)。而智能制造作为科技革命、产业转型升级的新业态，是经济高质量发展的外在表现，离不开高素质、高质量的人才(Zhou 等，2018)。智能制造作为一种信息技术与制造业高度匹配的制造模式，本质上是一场技术范式变革，绝非简单的引进机器人这一智能制造转型所需的设备载体，更需要凭借高素质劳动力、较高人力资本水平才可以有效克服企业应用机器人这一前沿技术的主要障碍(Che 和 Zhang，2018)，实现企业技术吸收能力与智能制造设备相匹配，推动企业制造形态的根本性转变。正因为提高企业技术吸收能力是企业进行战略变革的重要路径，《劳动合同法》实施促进企业人力资本投资的意愿，无疑为企业应用机器人等技术设备实现智能制造转型提供了保障，增强了企业智能制造转型的动力与信心。因此，我们认为劳动保护可以促进企业进行人力资本投资，通过技能-资本互补效应机制进一步推动了企业智能制造转型。

综合上文所述，我们提出如下理论假说：

假说1：劳动保护促进了企业智能制造转型。

假说2：劳动保护通过要素替代效应与技能资本互补效应两种机制，促进企业进行智能制造转型。

### 三、识别策略与数据

#### (一) 识别策略

《劳动合同法》作为保障劳动者权益的一项重要显性法律契约，同时也对企业的生产经营造成了重要影响（李建强和赵西亮，2020）。《劳动合同法》的实施对于企业而言相对外生，且对于不同劳动密集度的行业中企业产生的冲击强度是不一致的。由于《劳动合同法》旨在构建和谐劳动关系，保障劳动者权益，而劳动密集型行业中的企业生产经营更依托于劳动力这一生产要素，那么当劳动保护增强的冲击来临时，劳动密集型行业内的企业“路径依赖”相对较强，《劳动合同法》实施将会对更依赖劳动力的企业产生的冲击强度更大（倪晓然和朱玉杰，2016）。据此本文以事前企业所在行业劳动密集度作为处理组与对照组的划分依据，借助2008年《劳动合同法》实施这一自然实验，设定如下双重差分估计模型：

$$Y_{ijt} = \mu_i + \mu_{jt} + \beta labor\_inst_{j07} \times Post_{08} + \varphi X_{jt} + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

其中 $Y_{ijt}$ 表示企业*i*在*t*年的工业机器人应用情况，根据海关数据库中企业机器人进口数据加以推断（Humlum, 2022），利用中国海关数据库与中国工业企业数据库的匹配样本，本文计算了企业累计进口工业机器人数量( $Q_{robots}$ )。参照Fan等(2021)，若企业当年机器人存量大于零，我们定义该企业应用了机器人(Adoption)，取值为1，否则为0。 $labor\_inst_{j07}$ 则为CIC4位码行业*j*的劳动密集度，本文利用2007年CIC4位码行业*j*的员工工资与销售收入之比刻画不同行业间的劳动密集度差异；而变量 $Post_{08}$ 则为《劳动合同法》实施的虚拟变量，2008年及之后为1，2008年之前则取值为0。 $X_{jt}$ 为CIC4位码行业层面控制变量，本文参照Lu等(2019)的方法，选取一系列与分组变量行业劳动密集度相关，可能对识别劳动保护如何影响企业机器人应用产生干扰的行业层面控制变量，如固定资产使用情况、融资约束程度、竞争程度、国有资产占比、开放水平、行业规模<sup>①</sup>。 $\mu_i$ 是企业固定效应，用于控制企业层面不随时间变化的特征因素； $\mu_{jt}$ 是CIC2位码行业一年份固定效应，用于控制不同行业所面临的宏观冲击，但这些不同行业所面临的宏观冲击会对同行业内的所有企业产生类似的影响。 $\varepsilon_{ijt}$ 为随机误差项。为了解决潜在的序列相关性和异方差问题，本文计算了以CIC4位码行业为聚类变量的聚类稳健标准误。劳动密集度 $labor\_inst_{j07}$ 与虚拟变量 $Post_{08}$ 的交互项系数 $\beta$ 是本文所关注的核心系数，它衡量行业劳动密集度每多出一个百分点，企业机器人应用可能性在2008年之后相对于前几年的额外变化。

#### (二) 数据说明与处理

中国工业企业数据库。本文参照Brandt等(2012)对中国工业企业数据库进行处理，并按照《国民经济行业分类代码》(GBT4754-2002)的标准，来统一样本期间的行业代码。同时参照Brandt等(2017)推算1998~2007年CIC4位码行业层面价格指数的方法，我们将CIC4位码行业层面价格指数扩展至2000~2013年，并对本文所使用的主要数据进行

<sup>①</sup> 其中行业固定资产使用情况是利用行业内企业固定资产的平均值衡量；行业融资约束是利用企业利息支出与企业固定资产比值的平均值衡量；行业竞争程度是使用行业HHI指数与行业内企业数目衡量，行业国有资产占比则是利用行业内国有企业数量与行业内所有企业数量的比值衡量；行业规模则是利用企业工业产值的均值衡量；行业开放水平是利用该行业的平均关税与企业平均出口交货值衡量。

平减。除此之外，本文参照 Yu (2015) 对数据库进行如下处理：(1) 剔除员工人数少于 8 人的企业观测样本；(2) 剔除企业出口交货值超过企业当期销售总额的样本；(3) 剔除企业就业人数和固定资产总额等主要财务指标缺失的样本。

中国海关数据库，涵盖了 2000 年至 2015 年 HS8 位码产品的进出口信息。本文所使用的机器人进口数据则主要来源于海关数据库，借鉴 Acemoglu 和 Restrepo (2022) 的做法，使用 HS6 代码 847950 识别企业工业机器人进口数据度量企业智能制造转型，其中包括两个 HS8 类别：84795010（“多用途工业机器人”）和 84795090（“末端操作机器人和其他工业机器人”）。截至 2013 年，中国在工业机器人运营库存最高的国家中排名第五 (Cheng 等, 2019)，且主要依赖从欧美日等发达国家进口 (Fan 等, 2021)。根据 IFR2014 年报告，在 2012 年运往中国的 2.3 万个新机器人中，只有大约 3000 个是由中国供应商生产的，从这个角度上说，利用企业机器人进口数据可以很好衡量企业机器人应用情况<sup>①</sup>。

参照 Yu (2015) 的做法，通过两步法将中国工业企业数据库与中国海关数据库进行匹配。考虑到加工贸易“两头在外”的贸易模式，那么如果企业以“加工贸易”方式进口机器人，很可能是用于进一步组装和再出口。因此，我们参照 Fan 等 (2021) 的做法，以剔除了加工贸易方式后的机器人进口数据推算企业机器人应用的情况。将海关数据库中机器人进口信息匹配到中国工业企业数据库后，我们计算每个企业的累计进口工业机器人数量 ( $Q_{robots}$ )，如果一个企业当年机器人存量大于零，定义该企业应用了机器人，由此得到企业层面当年是否应用机器人的虚拟变量 (Adoption)，以考察《劳动合同法》实施对企业智能制造转型的影响。

## 四、实证结果

### (一) 基准回归结果

表 1 汇报了基于计量方程 (1) 的估计结果，考察了劳动保护对于企业机器人应用 (Adoption) 的影响。在第 (1) 列中，我们控制了企业固定效应以及年份固定效应，核心解释变量  $labor\_inst_{j07} \times Post_{08}$  的系数显著为正，表明劳动保护加强显著促进了高劳动密集度行业中企业应用机器人。第 (2) 列中本文进一步控制了行业一年份固定效应，以缓解同时期并行的宏观经济政策可能会对不同行业的企业机器人应用产生不同的影响，核心解释变量  $labor\_inst_{j07} \times Post_{08}$  的系数依然显著为正。在第 (2) 列的基础上，本文控制了一系列行业层面控制变量，回归结果如表 1 第 (3) 列所示，系数为 0.021，显著为正，表明在《劳动合同法》实施后，相对于劳动密集度较低的行业，劳动密集度较高的行业中企业应用机器人的概率提高了 2.1%。在 2000 ~ 2007 和 2008 ~ 2013 两个区间内，总体制造业企业机器人应用概率提升了 30.1%，而劳动保护引致的机器人应用概率增长占总体机器人应用概率增长的 6.88%。

同时，基于计量回归方程 (1) 且控制 CIC2 位码行业一年份固定效应，本文将被解释变量替换成（企业机器人累积进口量 + 1）的对数值 ( $\ln Q_{robots}$ )，结果如表 1 第 (5) 列所示，表明劳动保护显著提高了高劳动密集度行业中企业的机器人进口存量，促进了企业智能

<sup>①</sup> 为了更直观体现《劳动合同法》实施与企业机器人应用之间的联系，本文根据海关数据库绘制的 2000 ~ 2013 年中国机器人进口总量的趋势变化图及不同劳动密集度的行业中企业机器人进口增长率的演变趋势图，具体参见附图 1 和附图 2。本文附录详见《数量经济技术经济研究》杂志网站，下同。

制造转型。此外，本文以未剔除加工贸易的机器人进口数据刻画了企业应用机器人的情况，对表1第(3)、第(5)列的估计结果进行稳健性检验，如第(4)、第(6)列所示，核心解释变量系数依然显著为正，但数值升高。表明本文研究结论较为可信，且利用剔除加工贸易后的机器人进口数据来刻画企业进口机器人的情况进行实证研究，有效缓解了在估计劳动保护促进企业智能制造转型效应时产生的系数高估问题。

表1 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$Labor\_inst_{j07} \times Post_{08}$	0.015 * (0.009)	0.015 ** (0.007)	0.021 ** (0.008)	0.024 *** (0.009)	0.046 ** (0.020)	0.052 ** (0.023)
控制变量	否	否	是	是	是	是
企业固定	是	是	是	是	是	是
年份固定	是	否	否	否	否	否
行业一年份固定	否	是	是	是	是	是
样本量	2928773	2928773	2809175	2809175	2809175	2809175

注：\*、\*\*、\*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 的水平下显著，括号内为标准误。

## (二) 有效性检验

### 1. 平行趋势检验

本文采用双重差分模型估计处理组企业与对照组企业的机器人应用在《劳动合同法》实施前后的平均差异，前提条件就是处理组企业与对照组企业具有良好的可比性，即在《劳动合同法》实施之前，两组企业的机器人应用并没有显著差异。因此，我们在式(1)基础上设定动态效应回归模型，进行更为直观的年度动态效应分析。同时，为缓解由于不同行业的发展趋势、技术进步趋势等存在差异性，对动态回归结果造成的干扰，我们进一步在回归方程中控制了 CIC4 位码行业的时间趋势项  $Industry_{cic4} \times t$ 。

$$Y_{ijt} = \mu_i + \mu_{jt} + \sum_{n=-5, n \neq -1}^5 \beta_n labor\_inst_{j07} \times Post_t + \varphi X_{ji} + Industry_{cic4} \times t + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

利用该式，本文可以考察每年不同劳动密集度行业中企业机器人应用的差异。尤为关注在 2008 年《劳动合同法》实施前，不同劳动密集度行业的企业机器人应用情况是否遵循了相同的趋势。如若事前不同劳动密集度行业中企业机器人应用行为并无显著差异，则表明 2008 年后相对的变化是由于劳动保护加强所引致的。其中  $n$  为样本期内与《劳动合同法》实施时间 2008 年的时间差， $Post_t$  则为每一年的时间虚拟变量，以冲击前 1 年为基准期。通过对计量回归模型(2)进行回归估计，得出一系列  $\beta_n$  系数值进行绘图，如图 1 所示。

从图 1 中我们可以看到，在《劳动合同法》实施之前，高劳动密集度行业中企业相对于低劳动密集度行业中企业而言，机器人应用并没有显著增长，即处理组与对照组之间具有良好的可比性。

### 2. 安慰剂检验

进一步，我们需要排除处理组和对照组企业机器人应用行为可能是由于存在其他不可观测的混杂因素所导致的。按照这一逻辑推理，在劳动保护加强之前，相比对照组企业，处理组企业机器人应用概率不会发生明显的变化。因此，本文参照 Topalova (2010) 的做法构建安慰剂检验，通过保留《劳动合同法》实施之前的样本，并分别使用 2003 年、2004 年、

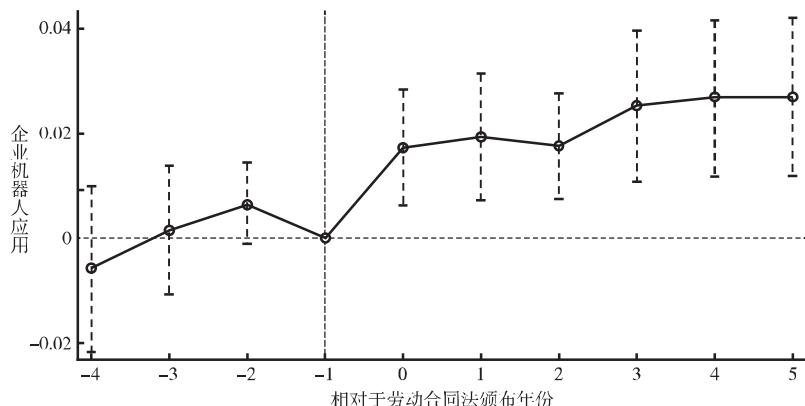


图1 平行趋势检验

2005年作为虚假的《劳动合同法》实施时间。由于在该样本区间并没有真正的法律颁布执行，所以在虚假的法律实施时间下（2003年、2004年或者2005年），处理组和对照组企业的机器人应用概率在法律实施前后应没有显著差异的。如果存在任何处理组与对照组之间的显著差异，则表明存在其他不可观测的混杂因素对两组企业结果变量产生影响，从而对本文因果效应的识别策略产生干扰。

表2 安慰剂检验

变量	虚拟冲击时点1	虚拟冲击时点2	虚拟冲击时点3
	(1)	(2)	(3)
$Labor\_inst_{07} \times Post_{08}$	0.026 (0.034)	0.034 (0.038)	0.028 (0.027)
控制变量	是	是	是
企业固定	是	是	是
行业一年份固定	是	是	是
样本量	1282946	1282946	1282946

注：同表1。

但正如表2所示的回归结果，所有的估计系数均不显著，那么就可以在一定程度上排除其他不可观测的混杂因素对两组企业机器人应用产生的影响。由此说明本文基准回归识别出的政策效果确实为《劳动合同法》实施所导致的净效应，从侧面印证本文采用双重差分方法估计结果的可信性。

### 3. 排除同时期其他政策的影响

在本文研究样本期间，2008年全球金融危机可能对中国整体经济，尤其是劳动密集型行业产生巨大影响的重要事件，为了缓解排除金融危机这一混杂性因素对于本文识别的可能干扰，本文主要采取了如下策略：首先，考虑到全球金融危机对于全球贸易造成严重的冲击，但对于不同出口强度的企业而言可能受到金融危机影响的程度不同。因此为了准确刻画出劳动保护对于企业机器人应用的影响，本文通过控制企业出口强度排除2008年金融危机对于企业机器人应用的可能影响。进一步，金融危机对国内企业的产品需求具有异质性影响，对于出口企业而言市场需求可能下降更多导致企业产能扩张速度放缓从而降低企业应用

机器人概率。本文根据企业在《劳动合同法》实施前是否存在出口行为将企业分成外销型企业与内销型企业，采取三重差分方法探究金融危机是否会对本文结论产生干扰。最后，考虑到金融危机对于贸易的影响并非仅仅限于出口，同时也会对企业进口行为产生影响。因此，本文参照李磊等（2021）的做法，将企业进口贸易分为两类，企业工业机器人进口和企业非机器人的进口，在考虑2008年金融危机对本文识别干扰时，本文在控制企业出口的情况下，进一步控制了企业非机器人进口额的对数值。

鉴于金融危机对于出口企业与非出口企业之间不同的影响效果，本文首先通过分别控制企业出口强度以及企业出口交货值的对数，以缓解经济危机对于本文识别策略的干扰，回归结果如表3第（1）、（2）列所示，本文核心解释变量系数依然显著为正。进一步考虑到金融危机导致中国出口出现了显著的下滑，那么若企业预计到将来的出口会显著下滑，则出口企业会放缓扩张速度，从而会导致出口企业应用机器人的可能性降低，使得出口企业与内销企业之间的机器人应用行为产生差异，因此本文根据企业在《劳动合同法》实施之前是否存在出口行为，生成 $export$ 这一虚拟变量，出口则为1，否则为0；并加入 $labor\_inst_{j07} \times Post_{08} \times Export$ 这一三重交互项进行实证检验，结果如表3第（3）列所示，发现劳动保护对于企业机器人应用的影响，并不因企业是否出口产生差异化结果。最后，我们在表3第（4）列汇报了单独控制企业非机器人进口额对数值的回归结果，在表3第（5）列汇报了同时控制企业出口与进口情况的回归结果，核心解释变量均在5%统计水平下显著为正。从而在一定程度上排除了2008年全球金融危机对于本文研究结论的干扰。

表3 同时期其他政策的影响

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$labor\_inst_{j07} \times Post_{08}$	0.024 ** (0.010)	0.018 ** (0.008)	0.018 ** (0.008)	0.021 ** (0.008)	0.022 ** (0.008)
$labor\_inst_{j07} \times Post_{08} \times Export$			0.0037 (0.0132)		
控制变量	是	是	是	是	是
企业固定	是	是	是	是	是
行业—年份固定	是	是	是	是	是
样本量	2177693	2487648	2487648	2808943	2487421

注：同表1。

#### 4. 数据问题挑战

第一，海关数据中部分机器人进口信息可能是由中国机器人制造商以研发或者作为中间投入为目的而进口的（Fan等，2021），而不是作为机器设备被企业直接进行应用。为缓解这一担忧对本文估计带来的偏差，我们根据企业名称中是否含有“机器人”、“自动化”等字样来近似识别该企业是否为机器人制造商。同时根据海关出口信息，我们根据企业是否出口了机器人（HS6位编码为847950）进一步识别可能的机器人制造商，在删除这些企业之后，进行了稳健性检验。进一步，我们删除了与名称中含有“机器人”、“自动化”的企业位于同一CIC4位码行业中的其他企业进行稳健性检验，回归结果显示核心解释变量依然显著为正（见附表1）。

第二，本文基准结果是基于海关工企的匹配数据回归得到的，中国工业企业数据库中的

一些企业可能在贸易中介的帮助下间接进口机器人，将导致低估企业机器人采用行为。为缓解机器人海关数据和工业企业数据匹配不完美导致机器人进口数据缺失问题，本文首先将2000~2013年海关数据库中机器人进口数据加总至城市层面，借鉴Bartik（1991）构造“巴蒂克工具变量”的思想，利用各城市产业结构差异构造一个衡量不同城市受到《劳动合同法》实施冲击程度不同的强度指标：

$$LaborShock_c = \sum_j \frac{Emp_{j,c,2004} \times labor\_inst_j}{Emp_{c,2004}} \quad (3)$$

其中 $Emp_{j,c,2004}$ 表示2004年城市 $c$ 行业 $j$ 的就业人数， $labor\_inst_j$ 表示行业 $j$ 的劳动密集度。其次根据进口企业的位置信息，将机器人进口信息汇总到城市一级。最后，在城市层级考察《劳动合同法》对于地区层面机器人应用的影响。本文按照如下计量回归方程进行估计：

$$\ln(robot_{ct}) = \mu_c + \mu_t + \delta LaborShock_c \times Post_{08} + \gamma Z_c + \varepsilon_{ct}$$

$robot_{ct}$ 是城市 $c$ 在 $t$ 年的机器人进口量， $Z_c$ 为城市层面控制变量<sup>①</sup>， $\mu_c$ 为城市固定效应， $\mu_t$ 为年份固定效应。回归结果显示，核心解释变量 $LaborShock_c$ 的系数显著为正，表明受到《劳动合同法》实施冲击程度更大的地区，机器人进口数量显著上升。

### （三）稳健性检验

#### 1. 替换指标

采取其他指标数据计算劳动密集度。不同于本文基准回归，此处我们进一步采用CIC4位码行业员工数量与销售收入的比值作为行业劳动密集度的度量标准，同时考虑到《劳动合同法》于2007年颁布，并于2008年1月正式实施，企业可能会在2007年调整自身的劳动力结构，从而致使2007年的行业劳动密集度衡量指标产生一定的内生性，本文采用2000~2007年各年度CIC4位码行业的员工工资与销售收入比值平均值定义劳动密集度，进一步进行稳健性检验。两种方式回归结果显示核心解释变量系数依然显著为正（见附表2和附表3）。

#### 2. 聚类层级改变

本文通过聚类至更高层级以放松本文回归假设，将聚类稳健标准误在CIC2位码行业层面进行稳健性检验。同时考虑到中国地方政府通常对地方政策和经济环境具有很强的影响力（Xu, 2011），因此误差项在各地区—行业层面可能存在序列相关性。本文参照Cameron等（2011）提出的双向聚类方法进一步更改聚类层级进行回归。结果表明，本文基准结果通过聚类在不同层级计算标准误差后依然稳健。

#### 3. 考虑地区层面因素干扰

由于各地区要素禀赋之间的差异，产业分布可能并不是随机的，且劳动密集型行业相对较为集中的地区也更有可能实施有利于这些行业发展的产业政策。因此为了缓解忽略区域政策而产生的混淆估计偏差，本文进一步控制了城市—年度固定效应，核心解释变量依然显著为正。

#### 4. 控制企业层面控制变量

考虑到机器人进口这一决策可能与资产负债率（ $Alr$ ）、企业年龄（ $Age$ ）、资本密集度（ $Capdes$ ）、是否出口（ $Export$ ）和是否为国有企业（ $Soe$ ）等多种因素相关（綦建红和付晶晶，2021），为缓解企业层面的特征差异对于本文识别的干扰，我们进一步控制了这一系列

<sup>①</sup> 控制变量包括对数城市人口数量、对数城市真实GDP、对数地区企业数量、对数地区工资水平以及城市失业率，除此之外还控制了对数地区人均道路面积这一地区基础设施建设指标。

控制变量进行稳健性检验，核心解释变量依然在 5% 统计水平上显著为正，结论依然成立。

### 5. 样本处理

此外本文还进行了以下数据删除的处理。首先担心海关数据库中部分企业机器人进口数据可能存在异常，我们对机器人数据进行缩尾删除处理，保留 1% 至 99% 区间的机器人进口数据；其次，学界普遍认为 2010 年工商数据库可能存在一些缺陷和统计问题，我们剔除 2010 年数据进行稳健性检验；再次，考虑到 2003 年 12 月 30 日劳动和社会保障部通过了《最低工资规定》，从而可能导致 2003 年前后劳动力成本差异从而对企业生产投入决策产生影响，对本文因果识别效应产生干扰，因此本文剔除 2003 年及之前的数据，保留 2004 年至 2013 年样本进行稳健性检验；最后，我们在 1% 和 99% 缩尾的基础上，同时剔除 2010 年和 2004 年之前的样本，进行稳健性检验。结果显示，核心解释变量的系数依然显著为正，表明本文基准估计回归结果比较可靠，并没有受数据处理偏差因素的干扰。

### 6. 剔除国家经济支柱行业样本

考虑到烟草制造业、石油行业等一些行业属于传统的国有垄断性行业，是国家经济支柱产业。由于其垄断性质，受管制较为严格，那么一般民营企业进入这一类管制行业的可能性较小，行业内企业多为国有企业，在签订正式劳动合同，保障企业员工福利、薪酬以及就业稳定性方面本身就相对比较完善。为了缓解这一类国家经济支柱行业样本对于本文识别产生的干扰，本文剔除经济支柱行业样本后进行稳健性检验<sup>①</sup>。结果显示，核心解释变量系数依然在 5% 统计水平下显著为正，基准结论依然稳健成立。

### 7. 一般贸易识别

本文所使用的海关数据库细分了 20 多类贸易类型，但仍有部分样本的贸易类型为缺失值，在前文的基准回归结果中，我们将贸易类型为缺失值的机器人进口数据视为以一般贸易方式进口，从而可能导致本文估计结果偏高。为此，我们仅保留了一般贸易方式的机器人进口数据，来刻画企业应用机器人的情况，进行稳健性检验，结果显示核心解释变量系数值相对基准回归结果有所下降，但依然显著为正。

## 五、机制检验

《劳动合同法》实施旨在加强对劳动者权益保护，一方面导致企业劳动力成本上升，迫使企业进行生产要素的调整替代，通过应用机器人来实现部分工作，即要素替代效应。另一方面，劳企之间的雇佣关系更加稳定，而企业能否真正实现机器人引进应用以实现智能制造转型的关键则在于自身技术吸收能力的提升。企业通过人力资本升级来吸收新技术，并且需要储备相应的能够操作这些新机器的高素质劳动力，即技能—资本互补效应。本文将从要素替代效应和技能—资本互补效应两个角度经验检验劳动保护促进企业机器人应用的内在机制。

### （一）要素替代效应

本文对于要素替代效应机制的检验主要分为以下几步，首先检验了企业劳动力成本是否因劳动保护加强而上升；其次本文对企业利用资本替代劳动这一要素替代行为进行了验证；最后进一步验证了企业通过引进机器人这一固定资产以加速智能制造转型，提高智能制造水

---

<sup>①</sup> 主要包含以下几个行业：石油和天然气开采业；石油加工、炼焦及核燃料加工业；武器弹药制造；航空、航天及其他专用设备制造；核力发电；电、热力的生产和供应业；燃气生产和供应业；水的生产和供应业；铁路运输设备制造、汽车制造和船舶及浮动装置制造业；烟草制品业。

平以应对劳动力成本压力。

具体而言，本文首先检验《劳动合同法》的实施是否显著增加了企业劳动力成本。由于企业劳动力成本主要体现为劳动力的工资和非工资形式的报酬（Cheng等，2015），工业企业数据库中在2011~2013年期间仅提供了应付职工薪酬数据。因此，本文采用企业当年应付职工薪酬与员工人数比值的对数值来衡量企业劳动力成本（*LaborCost*）<sup>①</sup>。表4第（1）列给出了相应的实证结果，可以看到，劳动保护加强确实导致企业的劳动力成本上升，从而激励企业进行要素投入调整，引致劳动节约型的技术进步。

表4 机制检验：要素替代效应

变量	<i>LaborCost</i>	<i>Ratio</i>	<i>lnLabor</i>	<i>Robot-ratio</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Labor_inst<sub>07</sub> × Post<sub>08</sub></i>	0.052 ** (0.023)	0.124 * (0.063)	-0.706 (0.430)	0.024 ** (0.010)
控制变量	是	是	是	是
企业固定	是	是	是	是
行业一年份固定	是	是	是	是
样本量	2290671	2666213	2787529	2764449

注：同表1。

其次，本文利用固定资产净值除以企业雇佣人数的对数值来衡量企业的资本—劳动比（*Ratio*），结果如表4第（2）列所示，表明劳动保护促进劳动密集型行业中的企业资本—劳动比上升。为保证结果可信性，我们进一步检验了《劳动保护法》实施是否会导致企业雇佣人数（对企业雇佣劳动数量+1，取对数）减少，从表4第（3）列的实证结果，可知企业并没有明显的解雇行为。因此，在一定程度上排除了企业资本—劳动比上升可能是由于用工成本的增加而使得企业劳动力需求下降而造成的结果。侧面印证了劳动保护确实导致企业用工调整成本高昂、用工灵活性下降，从而激励企业智能制造转型。

最后，仅利用固定资产净值衡量的资本—劳动比进行经验检验，并不能很好区别机器人采用与一般固定资产投资，无法突显企业智能制造转型。因此，本文给出佐证性证据，利用企业机器人进口总额占企业固定资产总计的比重（*Robot-ratio*），进一步探究企业是否因劳动力成本上升而倾向于应用机器人以提高自动化程度，结果如表4第（4）列所示，劳动保护加强导致劳动力成本的上升确实引致了企业机器人应用。

## （二）技能—资本互补效应

上述研究表明，劳动保护加强确实导致了企业劳动力成本的上升。同时也巩固维系了企业与劳动力之间稳定的雇佣关系，增加员工认同和员工专用性技能获取（倪骁然和朱玉杰，2016），使得企业更愿意对劳动力进行技能培训<sup>②</sup>，提升企业的技术吸收能力，技能—资本

<sup>①</sup> 工企数据库中2000~2007年给出了企业当年应付工资总额与应付福利费总额的相关数据，我们将其加总生成了企业应付职工薪酬这一指标。且由于工业企业数据库中2008~2010年期间，并未提供任何与工资相关的数据，因此，在验证企业劳动力成本上升时，我们剔除了2008~2010年的数据样本。

<sup>②</sup> 李钢等（2009）记述了这一现象：他们在温州调研时了解到，企业明显感觉到员工技能需要不断提升，但却不愿意培训员工。这是因为，一旦培训后员工技能得以提升，就很快会有其他企业将员工挖走。这种劳动力市场的无序流动，阻碍了企业的人力资本投资。《劳动合同法》实施鼓励长期的劳动雇佣，有助于缓解这一问题。

互补效应促进了企业智能制造转型升级。

首先，本文通过构造企业层面的就业变动率 ( $EmpFlu_t$ ) 来间接衡量劳企之间雇佣关系的稳定性。

$$EmpFlu_t = \frac{|lnemploy_t - lnemploy_{t-1}|}{(lnemploy_t + lnemploy_{t-1})/2} \quad (4)$$

其中分子取绝对值表示企业职工人数的变动量，就业变动率越小则表明雇佣关系相对稳定。在表 5 第（1）列中，我们以就业变动率作为被解释变量利用计量方程（1）进行回归，可以看到核心解释变量的系数显著为负，表明《劳动合同法》实施后，高劳动密集度行业中企业的就业变动率显著降低，企业解雇约束较大，使得雇佣关系相对稳定。考虑到工商数据库中企业存续性较差，因此在利用全样本进行回归分析时，系数结果更多反映了劳动合同法实施前后，处理组企业就业变动率均值相对于对照组企业就业变动率均值的平均效应，受企业进入、退出这一动态行为的影响，很难反映出《劳动合同法》是否真正降低了企业就业变动率、有利于在位企业的雇佣稳定性。因此，我们保留连续存在 10 年及以上的企业样本，估计劳动保护对于企业就业变动率的影响，如表 5 第（2）列所示，结论并未发生改变，且企业存续程度较高，更能够反映出《劳动合同法》实施对于企业雇佣稳定性的重要促进作用。

表 5 机制检验：技能—资本互补效应

变量	<i>EmpFlu</i>	<i>EmpFlu</i>	<i>Human-invest1</i>	<i>Human-invest2</i>	<i>Adoption</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Labor_inst_{07} \times Post_{08}</i>	-0.035 *** (0.010)	-0.028 ** (0.013)	0.661 * (0.365)	1.638 * (0.916)	-0.014 (0.014)
<i>Labor_inst_{07} \times Post_{08} \times Humancapital</i>					0.004 ** (0.002)
控制变量	是	是	是	是	是
企业固定	是	是	是	是	是
行业一年固定	是	是	是	是	是
样本量	1947642	687224	2351824	2326525	2702351

注：同表 1。

其次，参考 Upward 等（2013）假定企业培训密度在一定时期内不会调整的思路<sup>①</sup>，本文与李波和蒋殿春（2019）保持一致，假设企业培训经费占管理费用的比值在一定时期内不会过度调整，利用企业管理费用推算了企业各年的培训费用支出。具体来说，由于工商数据库中仅 2004~2007 年提供了企业培训经费这一指标，且企业培训经费隶属于管理费用科目，因此，本文基于企业培训经费占管理费用的比值在一定时期内不会过度调整这一假定（李波和蒋殿春，2019），通过计算工商数据库中 2004~2007 年间 CIC4 位码行业层面企业培训费用占管理费用份额的均值，根据企业管理费用推算出企业各年的培训经费支出<sup>②</sup>。我们利用企业培训经

① 企业培训密度即企业培训费用占企业销售费用比值。

② 考虑到企业层面计算的培训费用占管理费用的比值会因企业某年培训费用突增而引起推算的不准确性，同时考虑到行业层面计算的这一比值更具有代表性、稳定性。因此，本文在这一假定下，利用 CIC4 位码行业层面的企业培训经费占企业管理费用的比值。

费的对数值作为度量企业人力资本投资 (*Human-invest1*) 的指标,结果如表5第(3)列所示,核心解释变量的系数显著为正。同时,利用企业人均培训经费 (*Human-invest2*) 作为另一衡量指标进行稳健性检验,结果如表5第(4)列所示,结论依然稳健。结果表明劳动保护加强确实引致企业进行更多的在职培训和在职学习等人力资本投资,提高员工技能和综合素质,特别是通过对低技能企业员工进行专有性培训,提高劳动力技能水平以及镶嵌于企业经营背景中的专有知识,进而促进新技术和新生产模式的采用 (Che 和 Zhang, 2018)。

最后,借鉴 Che 和 Zhang (2018) 的做法,本文以 Ciccone 和 Papaioannou (2009) 计算的美国 20 世纪 70 年代末的行业人力资本强度作为划分依据<sup>①</sup>,通过 ISIC3 位编码与调整后的国民经济行业 (CIC) 分类编码手动对照后,将人力资本强度指标匹配到本文所使用的样本中。按照人力资本强度中位数,将企业分为高人力资本企业与低人力资本企业。若企业本身属于人力资本强度较高的行业,则可能技术吸收能力更强,更能够有效进行机器人等新技术的引进应用。考虑到系数可比性,本文采用加入交互项的方法进行佐证说明,具体的本文设置虚拟变量 *Humancapital*,若企业属于人力资本较强的行业,则虚拟变量取值为 1,否则取值为 0。同时考虑到 *Humancapital* 与本文利用 CIC4 位码行业员工工资与销售收入比值构造的核心解释变量 *labor\_inst<sub>j07</sub>* 含义较为重叠,我们利用 CIC4 位码行业员工数量与销售收入的比值作为行业劳动密集度的衡量标准,生成交互项 *labor\_inst<sub>j07</sub> × Post<sub>08</sub> × Humancapital*,进行实证检验。回归结果如表 5 第(5)列所示,交互项系数显著为正,表明劳动保护加强更能够促进高人力资本企业应用机器人,即企业人力资本水平确实有助于企业技术吸收能力提升,从而引致企业机器人应用,实现智能制造转型。

### (三) 异质性分析

通过上述分析可知,劳动保护加强导致企业劳动力成本上升与促进企业人力资本水平提高从而促进了企业机器人应用。而由于企业所有制性质、所属地区法治水平和教育水平的差异,导致《劳动合同法》对于企业劳动力成本以及人力资本水平的差异化影响,进而对企业是否应用机器人的决策产生差异化的影响。因此,本文按照企业所有制性质、所属地区法治水平和教育水平进行异质性分析,为前文机制研究结论提供进一步的补充性证据。

#### 1. 所有制性质

国有企业相对于非国有企业而言,一方面国有企业承担一定的政治、社会目标,能提供较为稳定的工作和收入,较好地保护员工权益,国企员工一直被视为拥有“铁饭碗”(Berkowitz 等, 2017),而非国有企业由于受体制约束较少,能根据经营情况更加灵活地调整雇员。另一方面,劳动保障机制更健全,进行在职培训的可能性也更高(马双和甘犁, 2014),因此,《劳动合同法》的实施更能促进非国有企业的人力资本投资。且由于制度规范限制了其用工调整的自由度,从而给予非国有企业更多通过要素结构调整来增加企业业绩的动力。具体地,本文根据企业登记注册类型定义企业所有制属性,若登记注册类型为国有,则设定 *Soe* 为 1,其余则为 0,并生成三重交互项 *labor\_inst<sub>j07</sub> × Post<sub>08</sub> × Soe* 进行经验检验。回归结果如表 6 第(1)列所示,交互项系数显著为负,表明劳动保护对于国有企业机器人应用的影响要显著小于非国有企业,进一步说明了劳动保护加强引致的要素替代效应对企业机器人应用的推动作用。

<sup>①</sup> 原因在于美国劳动力市场的相对灵活性,且 20 世纪 70 年代的大部分新技术是在以美国为主的世界上少数几个最富有国家创造出来的,因此美国的行业人力资本强度较好反映了各行业人力资本强度。

表 6

异质性分析

变量	所有制性质	地区法治水平	地区教育水平
	(1)	(2)	(3)
$Labor\_inst_{j07} \times Post_{08}$	0.021 ** (0.008)	-0.025 (0.017)	-0.003 (0.017)
$Labor\_inst_{j07} \times Post_{08} \times Soe$	-0.001 *** (0.0003)		
$Labor\_inst_{j07} \times Post_{08} \times Law$		0.018 ** (0.007)	
$Labor\_inst_{j07} \times Post_{08} \times Human$			0.011 ** (0.005)
控制变量	是	是	是
企业固定	是	是	是
行业一年份固定	是	是	是
样本量	2809175	2808394	2241668

注：同表 1。

## 2. 地区法治水平

各个地区法律执行效率的差异将会影响《劳动合同法》的实施效率。在法治水平较高的地区，由于法律中介以及行业协会等机构发展较为完善，从而迫使企业对于《劳动合同法》的遵从力度相对更大，导致了企业遵从成本的增加。根据樊纲等人编著的《中国分省份市场化指数报告（2010）》中的“市场中介组织发育和法律制度环境”指数，本文考察了《劳动合同法》对属于不同法治水平地区中企业机器人应用的影响差异。具体来说，若企业所属地区该指数高于中位数值，则设置虚拟变量为 1；若低于中位数值，则虚拟变量设置为 0。并进一步生成  $labor\_inst_{j07} \times Post_{08} \times Law$  这一三重交互项，进行经验检验。从表 6 第（2）列回归结果中，可以看到三重交互项系数显著为正，表明法律制度环境较好地区，《劳动合同法》实施对该地区企业机器人应用的影响效应更大。

## 3. 地区教育水平

地区初始教育水平一定程度上影响企业劳动力雇佣的人力资本水平。人力资本的外部性是企业机器人应用的关键渠道之一，更大的城市因为拥有更多的技能工人，可以提高劳动力市场的匹配机会和企业雇佣质量，促进资本的流转速度和效率，企业在应用机器人时会提高对于高技能劳动力的相对需求。那么教育重视程度越高，或者是高素质劳动力供给越充足的地区，企业更可能雇佣到高素质劳动力，从而提高企业技术吸收能力，增大企业机器人应用概率。鉴于此，本文利用 2007 年地区专科以上在校大学生数量与地区人口的比值来衡量地区教育水平。若企业所属地区教育水平高于中位数，则设置虚拟变量为 1；若低于中位数水平，则虚拟变量设置为 0。并生成三重交互项  $labor\_inst_{j07} \times Post_{08} \times Human$ ，进行经验检验。从表 6 第（3）列回归结果中，我们可以看到三重交互项系数显著为正，进一步表明教育水平较高的地区，《劳动合同法》实施对该地区企业机器人应用的影响效应更大。

## 六、结 论

本文基于 2000 ~ 2013 年中国工业企业数据与中国海关数据的匹配样本，借助 2008 年《劳动合同法》实施这一准自然实验，以企业所在 CIC4 位码行业 2007 年劳动密集度识别处理组和控制组，采用双重差分模型探究了劳动保护对于企业智能制造转型升级的影响。结果发现，《劳动合同法》实施后，高劳动密集度的行业相对于低劳动密集度的行业，企业更多

应用了机器人。与直觉相悖，劳动保护反而有助于企业智能制造转型升级。一系列稳健性检验之后结论依然成立。进一步发现，加强劳动保护提高了劳动力成本，通过要素替代效应促使企业智能制造转型升级予以应对用工成本压力。更重要的是劳动保护稳定了雇佣关系，通过技能—资本互补效应加速了企业智能制造转型。

智能制造是中国制造业转型升级的强烈需求，而劳动关系是最基本、最重要的社会关系之一，需要相关各方协力维护。本文结论则有力支撑了《劳动合同法》对于企业加速智能制造转型升级的重要作用，具有一定的政策含义。鉴于劳企双方在根本利益上的一致性，本文摒弃了简单地从平衡效率与公平的角度探讨劳动制度顶层设计的合理性，认为有必要充分发挥中国的大国制度优势，不断完善“劳企两利”的劳动关系政策和制度进而构建稳定和谐的劳动关系，为国内大循环提供动力源泉，助推制造强国建设。

第一，重视劳动保护在企业内的资源再配置作用。囿于劳动保护的约束，企业虽无法及时进行劳动力资源调整，但会因此进行其他资源的改变，提高现有劳动者的劳动生产率，提升管理能力和效率，增强技术革新力度，强调其他生产要素（如资本、机器机械）对劳动的替代。利用劳动保护对人力资本投资、技术创新的重要作用，探索建立以企业在职培训和技术创新为导向、以劳动者自主学习和技能提升为核心的劳动力市场运行机制。

第二，坚持劳动保护制度优化与智能制造实现质量效益提高并举。加强劳动权益保障，持续以有效的劳动力市场制度推动中国制造业实现智能化转型、扩容提质，实现劳动报酬提高与劳动生产率提高基本同步；维护劳动关系和谐稳定，更多劳动者实现体面劳动的同时，把发展智能制造作为中国制造业转型升级的主要路径；持续探索并优化旨在改善社会公平的制度设计以促进经济效率，才能够有效兼顾公平与效率。

#### 参 考 文 献

- [1] 蔡跃洲,陈楠.新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J].数量经济技术经济研究,2019,36(5):3~22.
- [2] 陈东,秦子洋.人工智能与包容性增长——来自全球工业机器人使用的证据[J].经济研究,2022,(4):85~102.
- [3] 杜鹏程,徐舒,吴明琴.劳动保护与农民工福利改善——基于新《劳动合同法》的视角[J].经济研究,2018,53(3):64~78.
- [4] 李波,蒋殿春.劳动保护与制造业生产率进步[J].世界经济,2019,42(11):74~98.
- [5] 李钢,沈可挺,郭朝先.中国劳动密集型产业竞争力提升出路何在——新《劳动合同法》实施后的调研[J].中国工业经济,2009,(9):37~46.
- [6] 李建强,赵西亮.劳动保护与企业创新——基于《劳动合同法》的实证研究[J].经济学(季刊),2020,19(1):121~142.
- [7] 李磊,王小霞,包群.机器人的就业效应:机制与中国经验[J].管理世界,2021,37(9):104~119.
- [8] 廖冠民,宋蕾蕾.劳动保护、人力资本密集度与全要素生产率[J].经济管理,2020,42(8):17~33.
- [9] 刘媛媛,刘斌.劳动保护、成本粘性与企业应对[J].经济研究,2014,49(5):63~76.
- [10] 马双,甘犁.最低工资对企业在职培训的影响分析[J].经济学(季刊),2014,13(1):1~26.
- [11] 倪晓然,朱玉杰.劳动保护、劳动密集度与企业创新——来自2008年《劳动合同法》实施的证据[J].管理世界,2016,(7):154~167.
- [12] 潘红波,陈世来.《劳动合同法》、企业投资与经济增长[J].经济研究,2017,52(4):92~105.
- [13] 蔡建红,付晶晶.最低工资政策与工业机器人应用——来自微观企业层面的证据[J].经济科

- 学, 2021, (4): 99 ~ 114.
- [14] 沈永建, 范从来, 陈冬华, 刘俊. 显性契约、职工维权与劳动力成本上升:《劳动合同法》的作用 [J]. 中国工业经济, 2017, (2): 117 ~ 135.
- [15] 王涛, 霍永正, 吕海洋, 巩高砾. 把握制造业转型升级关键——智能制造落地之道 [J]. 智能制造, 2021, (1): 28 ~ 37.
- [16] 肖静华, 吴小龙, 谢康, 吴瑶. 信息技术驱动中国制造转型升级——美的智能制造跨越式战略变革纵向案例研究 [J]. 管理世界, 2021, 37 (3): 161 ~ 179.
- [17] 谢增毅. 劳动力市场灵活性与劳动合同法的修改 [J]. 法学研究, 2017, 39 (2): 95 ~ 112.
- [18] 熊瑞祥, 万倩. 劳动保护与私营企业出口 [J]. 经济学 (季刊), 2022, 22 (4): 1259 ~ 1278.
- [19] 许健, 季康先, 刘晓亭, 夏炎. 工业机器人应用、性别工资差距与共同富裕 [J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39 (9): 134 ~ 156.
- [20] 余森杰. 加工贸易、企业生产率和关税减免——来自中国产品面的证据 [J]. 经济学 (季刊), 2011, 10 (4): 1251 ~ 1280.
- [21] 张明昂, 施新政, 邵小快. 劳动力市场制度约束与企业出口: 基于《劳动合同法》的证据 [J]. 世界经济, 2022, 45 (2): 111 ~ 136.
- [22] 朱森第. 中国制造转型升级: 智能制造到底该如何发力? [J]. 机器人产业, 2017, (1): 36 ~ 41.
- [23] Acemoglu D., 2010, *When Does Labor Scarcity Encourage Innovation?* [J], Journal of Political Economy, 118 (6), 1037 ~ 1078.
- [24] Acemoglu D., Restrepo P., 2020, *Robots and Job: Evidence from US Labor Markets* [J], Journal of Political Economy, 128 (6), 2188 ~ 2244.
- [25] Acemoglu D., Restrepo P., 2022, *Demographics and Automation* [J], Review of Economic Studies, 89 (1), 1 ~ 44.
- [26] Alesina A., Zeira J., 2006, *Technology and Labor Regulations* [R], NBER Working Paper No. 12581.
- [27] Bartik T. J., 1991, *Who Benefits from State and Local Economic Development Policies?* [M], Kalamazoo, MI: W. E. Upjohn Institute for Employment Research.
- [28] Berkowitz D., Ma H., Nishioka S., 2017, *Recasting the Iron Rice bowl: the Reform of China's Stateowned Enterprises* [J], Review of Economics and Statistics, 99 (4), 735 ~ 747.
- [29] Bradley D., Kim I., Xuan T., 2016, *Do Unions Affect Innovation?* [J], Management Science, 63 (7), 2251 ~ 2271.
- [30] Brandt L., Bieseboeck J., V., Zhang Y., 2012, *Creative Accounting or Creative Destruction? Firm-level Productivity Growth in Chinese Manufacturing* [J], Journal of Development Economics, 97 (2), 339 ~ 351.
- [31] Brandt L., Johannes V. B., Wang L. H., Zhang Y. F., 2017, *WTO Accession and Performance of Chinese Manufacturing Firms* [J], American Economic Review, 107 (9), 2784 ~ 2820.
- [32] Cameron A., C., Gelbach J., B., Miller D., 2011, *Robust Inference with Multiway Clustering* [J], Journal of Business and Economic Statistics, 29 (2), 238 ~ 249.
- [33] Chang X., Fu K., Low A., Zhang W., 2015, *Non-Executive Employee Stock Options and Corporate Innovation* [J], Journal of Financial Economics, 115 (1), 168 ~ 188.
- [34] Che Y., Zhang L., 2018, *Human Capital, Technology Adoption and Firm Performance: Impacts of China's Higher Education Expansion in the Late 1990s* [J], Economic Journal, 128 (614), 2282 ~ 2320.
- [35] Cheng H., Jia R. X., Li D., Li H. B., 2019, *The Rise of Robots in China* [J], Journal of Economic Perspectives, 33 (2), 71 ~ 88.
- [36] Cheng Z., Smyth R., Guo F., 2015, *The Impact of China's New Labor Contract Law on Socioeconomic Outcomes for Migrant and Urban Workers* [R], Human Relations, 68 (3), 329 ~ 352.
- [37] Ciccone A., Papaioannou E., 2009, *Human Capital, the Structure of Production, and Growth* [J], Review of Economics and Statistics, 91 (1), 66 ~ 82.
- [38] Cooper R., Gong G., Yan P., 2018, *Costly Labour Adjustment: General Equilibrium Effects of China's*

- Employment Regulations and Financial Reforms* [J], Economic Journal, 128 (613), 1879 ~ 1922.
- [39] Fan H., Hu Y., Tang L., 2021, *Labor Costs and the Adoption of Robots in China* [J], Journal of Economic Behavior & Organization, 186, 608 ~ 631.
- [40] Graetz G., Michaels G., 2018, *Robots at Work* [J], Review of Economics and Statistics, 100 (5), 753 ~ 768.
- [41] Hicks J. R., 1932, *The Theory of Wages* [M], London: Macmillan & Co.
- [42] Humlum A., 2022, *Robot Adoption and Labor Market Dynamics* [M], Rockwool Foundation Research Unit.
- [43] Johnson R. C., Noguera G., 2017, *A Portrait of Trade in Value-added over Four Decades* [J], Review of Economics and Statistics, 99 (5), 896 ~ 911.
- [44] Li X., Freeman R. B., 2015, *How Does China's New Labour Contract Law Affect Floating Workers?* [J], British Journal of Industrial Relations, 53 (4), 711 ~ 735.
- [45] Lu Y., Wang J., Zhu L., 2019, *Place-Based Policies, Creation, and Agglomeration Economies: Evidence from China's Economic Zone Program* [J], American Economic Journal: Economic Policy, 11 (3), 325 ~ 360.
- [46] Macleod W. B., Nakavachara V., 2007, *Can Wrongful Discharge Law Enhance Employment?* [J], Economic Journal, 117 (521), F218 ~ F278.
- [47] Musgrave R. A., 1959, *The Theory of Public Finance* [J], New York: McGraw-Hill.
- [48] Serfling M., 2016, *Firing Costs and Capital Structure Decisions* [J], Journal of Finance, 71 (5), 2239 ~ 2286.
- [49] Tao F., Cheng J. F., Qi Q. L., Zhang M., Zhang H., Sui F. Y., 2018, *Digital Twin-Driven Product Design, Manufacturing and Service with Big Data* [J], International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 94 (9), 3563 ~ 3576.
- [50] Topalova P., 2010, *Factor Immobility and Regional Impacts of Trade Liberalization: Evidence on Poverty from India* [J], American Economic Journal: Applied Economics, 2 (4), 1 ~ 41.
- [51] Upward R., Wang Z., Zheng J., 2013, *Weighing China's Export Basket: The Domestic Content and Technology Intensity of Chinese Exports* [J], Journal of Comparative Economics, 41 (2), 527 ~ 543.
- [52] Xu C., 2011, *The Fundamental Institutions of China's Reforms and Development* [J], Journal of Economic Literature, 49 (4), 1076 ~ 151.
- [53] Yu M., 2015, *Processing Trade, Tariffs Reductions, and Firm Productivity: Evidence from Chinese Firms* [J], Economic Journal, 125 (585), 943 ~ 988.
- [54] Zhou J., Li P., Zhou Y., Wang B., Zang J., Liu M., 2018, *Toward New-Generation Intelligent Manufacturing* [J], Engineering, 4 (1), 11 ~ 20.

## Employment Protection and Intelligent Manufacturing: Evidence from Imports of Robots

CHEN Yongbing LI Hui LIN Xiongli

(School of Economics, Xiamen University)

**Summary:** The report of the 20th National Congress of the Communist Party of China pointed out that the focus of economic development should be placed on the real economy, promoting new industrialization and accelerating the construction of a strong manufacturing country. As the main direction of the strategy of building a strong manufacturing country, intelligent manufacturing plays an important role in promoting the high-end development of the manufacturing industry, fundamentally transforming the form of enterprises, leading the digital development and intelligent upgrade of industries, and helping China's manufacturing industry move toward the high end of the global value chain. Improving the labor market system and protecting the rights and interests of

workers are important guarantees for building harmonious labor relations, which not only concerns the immediate interests of workers and enterprises but also economic development and social harmony. In theory, economic growth and social harmony are often difficult to balance in the development of a country. Therefore, this article aims to explore the impact and mechanism of labor protection on the transformation of intelligent manufacturing in enterprises. On the one hand, this is an interpretation of the balance between fairness and efficiency, and on the other hand, it can provide reliable empirical evidence for the Chinese government's institutional exploration of building harmonious labor relations and strengthening the concept of labor contracts and provide a solid institutional guarantee for promoting high-quality development of intelligent manufacturing.

Based on the matched sample of the Chinese industrial enterprise database and the Chinese customs database from 2000 to 2013, this paper used the double-difference model and a quasi-experimental design of the implementation of the Labor Contract Law in 2008 to examine how labor protection affects the transformation of intelligent manufacturing in enterprises. The study found that after the implementation of the Labor Contract Law, enterprises in high-labor-intensive industries were more likely to use robots than those in low-labor-intensive industries. This conclusion remained robust after excluding various possible confounding factors. Furthermore, it was found that strengthening labor protection increased labor costs and led to factor substitution effects that forced enterprises to transform and upgrade to intelligent manufacturing. However, the more important factor was that labor protection stabilized employment relationships, and the complementary effect between skills and capital accelerated the transformation and upgrading of intelligent manufacturing in enterprises.

The marginal contributions of this paper are as follows. First, intelligent manufacturing is a manufacturing mode that matches information technology with intelligent manufacturing equipment. Robots are important carriers of emerging technologies and key equipment for modern industries. This paper used customs trade data and enterprise robot import data to measure the application of intelligent manufacturing equipment technology at the enterprise level, providing a feasible micro-level measurement method for exploring the factors influencing the transformation of China's manufacturing industry toward intelligence. Second, unlike existing literature that mainly explores how the aging population and the minimum wage system force enterprises to use industrial robots through factor substitution effects, this paper found that labor protection stabilizes employment relationships and encourages enterprises to invest in human capital, and the complementary effect between skills and capital positively motivates enterprises to transform to intelligent manufacturing. Third, this paper further expands the evaluation of the economic effects of the implementation of the Labor Contract Law from a new perspective, emphasizing the promotion of labor market system improvement to encourage enterprises to accumulate more skilled human capital. This conclusion provides micro-level evidence for continuing to improve the Labor Contract Law to provide labor market institutional guarantees for the development of the manufacturing industry.

**Keywords:** Labor Contract Law; Employment Protection; Application of Robot; Intelligent Manufacturing Transformation

**JEL Classification:** J24; J53; L53

(责任编辑：李兆辰)