

智能制造与劳动者健康

——基于个体微观数据的考察

盛丹^{1,2}, 吕琳^{1,2}

(1. 南开大学 跨国公司研究中心, 天津 300071; 2. 南开大学 经济学院, 天津 300071)

摘要: 智能制造作为新质生产力的重要代表和关键力量, 对劳动者健康水平具有重要影响。考察智能制造如何影响劳动者健康, 对我国实现“健康中国”战略目标具有重要的理论价值和现实意义。文章基于 2000—2015 年中国海关、中国专利以及中国健康与营养调查 (CHNS) 数据库, 考察了智能制造对劳动者健康水平的影响。研究表明: (1) 智能制造与劳动者的身体健康水平之间存在显著的正相关关系, 即智能制造提高了劳动者的健康水平; 智能制造还能够改善劳动者心理健康水平, 对劳动者患情绪类、免疫系统、呼吸系统等疾病均具有显著的抑制作用。(2) 智能制造主要通过减少工作“时力”、增强工作价值感、缓解心理压力和改善工作环境等途径提升劳动者的健康水平。(3) 智能制造的健康促进效应在低技能水平劳动力和临时工群体中更为明显。文章的研究结论为以智能制造为代表的新质生产力赋能“健康中国”战略目标提供了经验证据。

关键词: 智能制造; 劳动者健康; 新质生产力

中图分类号: F249.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9952(2025)07-0020-15

DOI: 10.16538/j.cnki.jfe.20250428.201

一、引言

近年来, 随着人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 技术的迅速发展, 智能制造广泛应用于社会生产的各个方面。依据工信部统计数据显示, 2023 年我国智能制造行业产值规模达到 3.2 万亿元, 而同期全球智能制造产值规模约为 12.9 万亿元。这表明我国智能制造行业在全球产业格局中占据着重要地位, 呈现蓬勃发展的态势。智能制造作为新质生产力的典型代表和关键力量 (李建军和吴周易, 2024), 在提高生产效率的同时 (Aghion 等, 2017; Acemoglu 和 Restrepo, 2018), 也对劳动者产生了更为深远的影响。现有文献大多关注智能制造对劳动者就业 (Acemoglu 等, 2022)、劳动者薪酬 (王静等, 2022; 易苗等, 2024) 和劳资关系 (张军等, 2023) 等的影响。鲜有文献从微观个体视角探讨智能制造对劳动者健康的作用。实际上, 劳动者健康是影响高质量就业的关键因素, 是关系我国民生的重要环节。党的二十大报告指出: “人民健康是民族昌盛和国家强盛的重要标志。” 同时, 党的二十大还把“健康中国”确立为 2035 年基本实现社会主义现代化的总目标之一。^① 那么, 智能制造会对劳动者的健康水平产生怎样的影响? 其作用机制如何? 其

收稿日期: 2024-11-29

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (72473074, 72073073); 国家社会科学基金重大项目 (22&ZD074); 南开大学跨国公司研究中心资助课题 (ctsnk2407)

作者简介: 盛丹 (1982—), 女, 山东栖霞人, 南开大学跨国公司研究中心、经济学院教授;

吕琳 (1997—), 女, 山东烟台人, 南开大学跨国公司研究中心、经济学院博士研究生。

^① 习近平: 《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告》, 《人民日报》, 2022 年 10 月 16 日第 1 版。

使用是否会有助于“健康中国”战略目标的实现?对上述问题的回答,对于以智能制造为代表的新质生产力赋能“健康中国”战略目标,以及在数字经济时代实现人机协调发展具有重要的理论价值和现实意义。

现有关于智能制造对社会经济影响的文献,更多的是关注智能制造对就业规模(林欣和李春顶, 2023; 陈琳等, 2024)、就业结构(汪前元等, 2022; 王林辉等, 2023a)、劳动报酬(郭凯明, 2019; Acemoglu 和 Restrepo, 2022b)等方面的影响,较少对劳动者健康进行考察。而针对劳动者健康问题,前期文献大多是从环境管制(谢强和封进, 2023)、贸易制度(Fan 等, 2020)、工作情况(Adler 和 Stewart, 2010; Harvey 等, 2017)等角度考察其对劳动者健康的影响,而关于智能制造的健康效应的文献较为匮乏。

实际上,智能制造不仅会影响劳动者的就业水平,还会通过改变劳动者的工作时长、工作繁重度、工作环境、工作价值感和心理状态,对劳动者的健康状况产生影响。一方面,智能制造的替代效应将劳动者从繁杂、常规、危险的工作任务中替换出来,生产率效应和岗位促进效应使得被替代的劳动者被重新安排在更加自由、安全、非常规的工作任务中(Dauth 等, 2021; 王林辉等, 2023b),从而缩短劳动者的工作时长、降低工作繁重度、提升劳动者的工作价值感、缓解劳动者的心理压力,对劳动者的健康水平产生积极影响(Steger 等, 2012; Loerbroks 等, 2016; Kuroda 和 Yamamoto, 2019);另一方面,智能制造还能够改变企业的生产方式,促进绿色生产(Chen 等, 2022; 盛丹和卜文超, 2022; Song 等, 2023),通过工作环境作用于劳动者健康。那么,智能制造究竟会对劳动者健康产生怎样的影响,又具体会通过何种途径作用于劳动者健康?这是研究“技术与人”领域的重要课题,也是当前学术界亟待解决的重要问题。

鉴于此,本文利用 2000—2015 年中国海关、中国专利以及中国健康与营养调查数据库(CHNS),构建了机器人应用和智能制造专利授权量两个智能制造的代理指标,以考察智能制造对劳动者健康水平的影响,并探究了这种影响的微观机制。与前期文献相比,本文的创新之处主要体现在以下几个方面:(1)在研究视角上,既有研究智能制造对劳动力影响的文献大多聚焦于就业,而本文从个体健康水平的视角深入探讨智能制造对劳动者健康的作用,从而丰富了智能制造的相关文献。虽然已有少量文献从单一的机器人视角考察其对劳动者健康的影响(Liu 等, 2024; 闫雪凌等, 2024; Luo 等, 2025),但是上述文献仅关注机器人使用,无法全面衡量与劳动者工作生活相关的整体智能制造水平。智能制造涵盖核心传感器、智能芯片、计算机视觉等多领域应用,仅考虑单一机器人使用忽略了其他关键技术对劳动者健康的潜在作用。为此,本文在测度智能制造时,不仅纳入机器人使用情况,还采用智能制造专利授权量,力求更全面地反映作用效果。在衡量劳动者健康状况方面,本文不仅关注意外事故伤亡等指标,而且涉及劳动者患有的慢性、急性及传染性疾病,还关注劳动者心理健康受到的影响。相较于前期文献仅关注事故数量、死亡人数等(闫雪凌等, 2024; Luo 等, 2025),本文研究范围更广,能更全面细致地考察智能制造对劳动者健康的影响。(2)从研究机制来看,本文对智能制造影响劳动者健康水平的作用途径进行了全面且深入的分析。已有关于机器人应用的健康效应文献,大多聚焦于探究工作时长及满意度(闫雪凌等, 2024)、工作及其内容的动态变化(Luo 等, 2025)的作用机制,而本文不仅将工作时长纳入考量,还充分关注工作繁重度,证实了智能制造能够通过“时力”双减效应,有效提升劳动者健康水平。此外,本文还创新性地探讨了三个作用途径。从工作价值感来看,智能制造能够提升劳动者的工作价值感,促进其健康状况;在工作环境方面,智能制造能够改善劳动者的工作环境,保障劳动者的身心健康;在心理压力程度上,智能制造能够缓解劳动者的心理压力,改善劳动者健康水平。这些新探索为该领域研究提供了更丰富的视角和

理论机制支撑。(3)从本文的研究结论来看,本文证实了智能制造能够改善劳动者的健康水平,并且对劳动者患情绪类、免疫系统和呼吸系统等疾病均具有显著的抑制作用。此外,本文还证实了智能制造能够改善劳动者的心理健康水平。现有研究大多认为“机器换人”会给劳动者带来“失业恐慌”,对劳动者的心理健康会产生负面影响(Liu 等, 2024; 黄乾和苏文杰, 2024);而本文的研究结论表明,智能制造带来的优化生产流程、改善工作环境、降低工作繁重度等效应,能够抵消“机器换人”带来的恐慌,整体上促进劳动者的心理健康水平。本文的研究结论为以智能制造为代表的新质生产力赋能“健康中国”战略目标提供了证据,为研究智能制造对社会经济的影响提供了新的视角。“机器换人”在给劳动者带来“失业恐慌”的同时,也会给他们带来身心健康的福音。因此,我们要更全面地考察“技术与人”之间的关系,在发展技术的同时,更加注重“技术服务于人民”。

二、文献回顾及理论假说

现有关于智能制造的文献,大多从就业数量(Graetz 和 Michaels, 2018; Acemoglu 和 Restrepo, 2020; 林欣和李春顶, 2023; 陈琳等, 2024)、就业结构(汪前元等, 2022; 王林辉等, 2023b)、工资薪酬(郭凯明, 2019; Acemoglu 和 Restrepo, 2022b; 王永钦和董雯, 2023)、劳动力空间流动(陈媛媛等, 2022; 刘东升和王永中, 2025)、代际流动(Gasteiger 和 Prettnner, 2017; 谢攀和张伊娜, 2021)等方面考察其对劳动力市场的影响;然而,从更深层次探讨智能制造对劳动者健康影响效应的文献却极为有限。仅有的少数文献聚焦于工业机器人对劳动者健康的影响,如李磊等(2024)、蔚金霞和高文书(2024)、闫雪凌等(2024)和 Luo 等(2025)对此进行了研究。但是,在智能化驱动的生产变革进程中,劳动者健康水平所受影响并非仅源于工业机器人。智能制造是一个涵盖面更为广泛的概念,工业机器人只是其中的一个方面。智能制造不仅包括机器人的应用,还包括核心传感器、智能芯片、计算机视觉等多领域应用,其对劳动者的影响远比单一的机器人应用更为多元和综合。此外,智能制造的应用不仅会影响劳动者发生重大事故和死亡的概率,还会对劳动者其他的健康方面产生影响。然而,现有文献尚未探究智能制造对劳动者更深远、更全面的健康影响效应,尤其是对劳动者患不同种类疾病影响的详细探究。值得注意的是,现有研究指出机器人应用引发的“就业恐慌”会恶化劳动者心理健康(黄乾和苏文杰, 2024; Liu 等, 2024);但与智能制造相伴而生的生产流程重构、工作环境优化及任务繁重度降低等多维效应可能会抵消职业不确定性带来的恐慌,且相关机制尚未探明,是当前研究的重要缺口。

那么,智能制造究竟会通过何种渠道作用于劳动者健康水平呢?本文从理论层面基于智能制造的替代、生产率、岗位创造和绿色效应,探究了其如何影响劳动者的健康水平。智能制造依托自动化技术,具有可编程性、高效性和便利性等优势(徐鹏和徐向艺, 2020),相较于传统人工,更能胜任繁杂、重复、高耗时、高体力的工作任务,因此智能制造能够将劳动力从上述任务中解放出来,重构劳动者的工作任务,从而影响劳动者的健康水平。在理论层面, Autor 等(2003)构建一般均衡模型,率先提出“任务偏向型技术变革”(Task-Biased Technological Change, TBTC),将工作任务分为常规任务和非常规任务。Acemoglu 和 Autor(2011)在上述模型基础上认为自动化技术会对流程固定、执行过程繁琐、耗时较长、对体力要求较高的常规任务具有替代效应。在实证层面, Arntz 等(2016)基于任务角度发现,在 21 个 OECD 国家中平均有 9% 的工作容易被自动化替代。这些容易被替代的工作主要为涉及大量信息交换及手工业的常规低技能工作。从更细致的层面来看,相关研究表明人工智能技术的使用能够替代人类执行重体力、超负荷的任务,降低劳动者的工作繁重度(王林辉等, 2023b),并且相对于使劳动者失业,更多的

是导致劳动者工时缩短(王林辉等, 2022)。而耗时较长、繁重度较高的工作任务会对劳动者健康水平产生不利影响(Sparks等, 2001; Åkerstedt等, 2002)。因此, 智能制造能够改变劳动者的工作任务属性, 减少劳动者工作中耗时多、繁重度高的工作任务占比, 从而对劳动者的健康水平产生正向影响。基于上述分析, 我们提出如下假设:

假设 1: 智能制造通过减少劳动者的工作时间并降低劳动者的工作繁重度, 即通过“工作时间与工作繁重度双减效应”(简称“时力双减效应”), 进而改善劳动者的健康水平。

智能制造在替代常规、低技能工作任务的同时, 还会通过生产率效应和岗位创造效应为劳动者提供更轻松、自由、安全的非常规工作(王林辉等, 2023a)。自动化技术能够提升企业的生产率(姚加权, 2024), 不仅会提高企业现有部门的劳动力需求, 还会催生许多新产品、新部门、新业态, 促使新职业的产生(王林辉等, 2023b)。此外, 自动化技术发展也会增加企业“人机协作”岗位的劳动力需求。Bughin等(2018)指出, 人工智能技术发展会增加对数字与认知技能工人的需求, 减少对从事重复任务工人的需求。而Acemoglu等(2022)则发现人工智能技术发展会促使企业增加人工智能岗位招聘和减少非人工智能岗位招聘。因此, 智能制造能替代劳动者完成繁杂危险的常规任务, 使其转向更具创造性和价值性的工作。而繁杂、重复的常规工作易引发劳动者对工作价值的怀疑(Smids等, 2020)。职业价值感作为心理资本的核心维度, 被证实是预测个体职业发展效能的关键因素(Luthans等, 2006)。当劳动者通过工作实现自我价值并契合组织目标时, 正向心理资本累积可提升主观幸福感。Steger等(2012)的社会认知理论进一步指出, 工作价值包括积极意义、创造意义、追求更大利益动机三个维度, 工作价值得分与工作/生活满意度正相关, 与心理困扰负相关。因此, 工作价值实现会通过心理资本增值路径, 使劳动者获得更高的生活满意度和主观幸福感, 这有利于提升劳动者的健康水平。

此外, 智能制造具备高精度、低错误率、可持续作业等特性。一方面, 这些特性使得智能制造在执行常规任务时, 能够有效替代人工, 从而减少劳动者花费在枯燥乏味工作任务上的时间, 从而缓解他们的心理压力; 另一方面, 这也让参与生产的劳动者不必再过度担忧出现失误, 进而缓解了他们的心理压力。与此同时, 智能制造的生产率效应和岗位促进效应会缓解劳动者由自动化岗位替代引起的失业危机感, 减轻劳动者关于能否就业的心理压力, 从而增强劳动者的健康水平。基于上述分析, 我们提出如下假设:

假设 2: 智能制造会通过增强劳动者的职业价值感和降低心理压力, 进而改善劳动者健康。

此外, 智能制造还会促进绿色生产, 通过改善劳动者的工作环境影响其健康水平。工作中的化学物质、粉尘、噪音污染是劳动者潜在的健康风险源, 会对劳动者健康产生显著的负向影响(Fuller等, 2022)。智能制造能够优化企业生产方式, 改善企业排污设备, 从而减少污染物的产生和排放(Ye等, 2020), 进而为工人提供更加健康、安全的工作环境。盛丹和卜文超(2022)利用 2006—2013 年中国企业污染数据和工业企业数据, 实证发现机器人应用会显著抑制企业的污染排放。黄贇琳和蒋鹏程(2023)、Han和Zhang(2024)利用中国的数据, 研究证实了工业机器人的应用能够显著降低碳排放。基于此, 我们提出如下假设:

假设 3: 智能制造会通过减少企业污染物的产生和排放, 为劳动者提供更加安全的工作环境, 进而改善劳动者健康。

从上述分析可知, 智能制造能够将劳动者从重复繁杂的任务中解放出来, 并使其转向非常规岗位, 从而对劳动者的健康水平产生积极影响。那么, 智能制造是否会对不同群体劳动者的健康水平产生差异性影响呢? 首先, 智能制造可能会对低技能的劳动力产生更大的冲击。基于技能偏向型技术进步假说, 智能制造对劳动者的影响存在技能差异。实证研究表明, 机器人应

用对未受过教育群体的就业冲击更大(Aghion 等, 2017), 低技能劳动者更易发生岗位转换(王林辉等, 2023a)。从任务视角看, 包含大量信息交换和手工作业的常规任务更易被自动化替代(Arntz 等, 2016)。由此可见, 在机器人应用冲击下, 低技能劳动者更易被替代, 从而脱离繁杂危险工作, 转向安全轻松岗位。加之低技能劳动力的工作更容易接触污染物, 智能制造的绿色效应能显著降低其接触污染源风险, 对其健康改善作用也就更明显。因此, 智能制造的健康福利效应可能会对低技能劳动者更加显著。

其次, 智能制造可能会对不同用工性质劳动力的健康产生异质性影响。通常情况下, 企业的用工形式主要包括长期工、合同工与临时工。相较于长期工和合同工, 临时工的工作任务更多的是涉及搬运、组装以及季节性且灵活性较强的常规任务。一方面, 智能制造的应用可能减少临时工工作中繁重度高、耗时长、常规性的工作任务, 从而对临时工的健康水平产生积极影响。另一方面, 临时工群体因工作环境差、安全防护缺失, 常暴露于有毒有害物质风险中。传统制造业场景下, 其工作场所普遍存在化学药剂污染问题, 且缺乏有效通风与防护设施, 健康威胁显著。智能制造通过引入自动化生产设备, 将高危工序与有害物质接触环节实现机器替代, 极大地降低了临时工接触有毒有害物质的风险, 为他们创造一个更安全、健康的工作环境。因此, 智能制造能够更大程度地提升临时工的健康水平。基于上述分析, 我们提出如下假设:

假设 4: 智能制造对低技能水平劳动力和临时工群体会产生更加明显的健康福利效应。

三、计量模型设定和变量度量

(一) 计量模型

为了检验智能制造对劳动者健康的影响, 本文采用双向固定效应模型进行实证分析。模型设定如下:

$$sick_{ict} = \beta_0 + \beta Intemanu_{ct} + X_{ict} + Z_{ct} + \phi_i + \lambda_t + \varepsilon_{ict} \quad (1)$$

其中, 下标 i 、 c 和 t 分别代表个人、城市和年份。被解释变量 $sick_{ict}$ 衡量个体 i 在时间 t 的健康状况, 若“过去四周内生病或受伤”, 则 $sick_{ict} = 1$; 反之, $sick_{ict} = 0$ 。核心解释变量 $Intemanu_{ct}$ 代表智能制造水平, 本文使用机器人进口 $imrobot_{ct}$ 和智能制造专利授权量 $impatent_{ct}$ 两个代理指标来代表城市 c 在 t 年的智能制造水平。 X_{ict} 和 Z_{ct} 分别代表个人与城市层面控制变量; ϕ_i 代表个体固定效应, λ_t 代表时间固定效应; ε_{ict} 为随机干扰项。本文主要关注 $Intemanu_{ct}$ 前的系数 β , 它代表智能制造发展对劳动者健康水平的影响程度。

(二) 数据说明和变量度量

1. 劳动者健康指标 $sick$ 。本部分数据来自 2000—2015 年的中国健康与营养调查(China Health and Nutrition Survey, CHNS)。本文参考 Fan 等(2020)、谢强和封进(2023)的做法, 采用一个二元变量 $sick$ 作为衡量个人健康状况的主要指标。若个人在过去 4 周内生病或受伤, 则 $sick = 1$; 否则, $sick = 0$ 。并且, 基于 CHNS 调查中对被调查者过去 4 周内生病或受伤疾病种类的询问, 本文进一步深入探究了智能制造对劳动者罹患不同类别疾病概率的影响。CHNS 调查共包含 10 种疾病的详细分类, 本文将其分为如下几大类: 免疫系统疾病(发烧、皮肤病)、外伤(骨折、眼疾、耳疾)、情绪类疾病(胃痛、头痛)、呼吸系统疾病(哮喘)、循环系统疾病(心脏病)、其他传染性疾病和非传染性疾病。此外, 本文还借鉴周默涵等(2024)的方法, 使用 CHNS 中的“你觉得你的生活怎么样”这一问题的调查数据, 作为心理健康的代理指标。该问题的回答中数值 1—5 依次代表很好、好、中等、差、很差。

2. 智能制造 $Intemanu$ 。机器人是智能制造的载体和核心, 很多研究将机器人使用作为智能

制造的代理变量(Graetz和Michaels, 2018; 吕越等, 2020; 陈东和秦子洋, 2022; 周泓竹等, 2022)。但仅用工业机器人指标难以全面覆盖智能制造领域, 因为智能制造的应用范围还涉及核心传感器、智能芯片、计算机视觉等复杂关键领域。而专利作为创新成果的关键表现形式, 在衡量技术进步方面发挥着重要作用(王林辉等, 2023b), 因此使用智能制造专利数量作为智能制造的代理变量, 能够更全面地捕获智能制造技术的发展水平。这也被众多学者采用(Mann和Püttmann, 2023; 王林辉等, 2023b; 姚加权等, 2024)。为了保证结论的严谨性, 本文使用机器人应用*imrobot*和智能制造专利授权量*impatent*两个变量作为智能制造的代理变量进行实证研究。相关变量构造方法如下:

(1) 机器人使用*imrobot*。目前, 海关贸易数据库和国际机器人联合会(IFR)是获取城市层面机器人使用数据的最广泛来源。本文选取机器人进口代表机器人使用, 原因如下: 第一, 中国海关数据库的数据是年份—城市—企业—产品层面的信息, 其加总形成的城市层面机器人进口指标相对于使用IFR行业层面的Bartik变量更为精确(Seamans和Raj, 2018)。第二, 在本文的样本期间内, 中国机器人的使用绝大部分依赖于进口。第三, 海关数据库统计的机器人种类和数量更全面(Fan等, 2021)。第四, 已有大量文献使用机器人进口数据作为机器人使用的代理变量(Fan等, 2021; 李磊等, 2021, 2023; Acemoglu和Restrepo, 2022a; 林熙等, 2023)。本文先根据中国海关数据库中的HS8位码对机器人进口进行识别,^①然后将企业层面的机器人进口数据汇总到城市层面, 得到城市机器人进口总量*imrobot*。

(2) 智能制造专利授权量*impatent*。首先, 本文基于《国家新一代人工智能标准体系建设指南》等政府官方文件和研究报告, 整理出与智能制造技术相关的关键词。^②其次, 本文利用Python网络爬虫技术, 在中国专利数据库中搜索关键词获取智能制造的相关专利数据, 再将已授权的智能制造专利数量在城市层面进行加总, 从而得到城市层面的智能制造专利授权量。

3. 控制变量。在个体层面, 本文控制了如下变量: 年龄(*age*)、年龄的平方(*age*²)、是否有疾病史(*dehis*)、是否拥有健康保险(*insur*)、是否吸烟(*smock*)。在城市层面, 本文控制了城市医院和卫生机构数量(*hospital*), 以衡量当地医疗水平。本文城市层面的数据主要来自《中国城市统计年鉴》, 企业层面的数据主要来自中国企业污染排放数据库。主要变量的描述性统计如表1所示。

表1 主要变量描述性统计

变量	变量解释	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>sick</i>	过去四周是否生病或受伤(1=是, 0=否)	48 045	0.11	0.31	0	1
<i>age</i>	年龄	48 045	41.91	11.72	16	60
<i>age</i> ²	年龄平方	48 045	1 839.41	939.96	256	3 600
<i>dehis</i>	是否有疾病史(1=是, 0=否)	48 045	0.12	0.33	0	1
<i>smock</i>	是否吸烟(1=是, 0=否)	48 045	0.30	0.46	0	1
<i>insur</i>	是否拥有健康保险(1=是, 0=否)	48 045	0.65	0.48	0	1
<i>imrobot</i>	城市机器人进口数量(万台)	48 045	0.10	0.41	0	2.56
<i>impatent</i>	城市智能制造专利授权量(万件)	48 045	0.17	0.62	0	3.98
<i>hospital</i>	城市医院和卫生机构数量(个)	48 045	275	267.61	41	1 917

① 主要包括 84795010、84795090、85152120、85153120、85158010、84248920、84289040 和 84864031 这八大类 HS8 位码。

② 具体而言, 本文识别智能制造专利的关键词包括智能制造、核心传感器、大数据、机器学习、深度学习、云计算、智能芯片、计算机视觉、人机交互、知识图谱、自然语言处理、无人驾驶、人工智能、智慧城市、智慧教育、智慧金融、智慧农业、智慧医疗、智能机器人、智能家居、智能交通、智能设备和智能物流等智能制造相关词语。

四、实证结果分析

(一) 基准回归

表 2 汇报了智能制造影响劳动者健康的回归结果。列(1)与列(2)使用机器人进口作为智能制造的代理变量进行回归,列(3)与列(4)则使用智能制造专利授权量作为代理变量进行回归。结果显示,无论是否加入控制变量,智能制造均会显著降低劳动者受伤或者患病的概率,即智能制造会对劳动者的健康水平产生积极影响。就经济意义而言,城市机器人进口数量每增加 1 万台,该城市内的劳动者生病或受伤的概率会降低约 6.93 个百分点;城市内智能制造专利授权量每增加 1 万件,当地劳动者生病或受伤的概率会降低 3.71 个百分点。

表 2 智能制造对劳动者健康的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>imrobot</i>	-0.0728***(-5.4646)	-0.0693***(-4.9417)		
<i>impatent</i>			-0.0395***(-3.4477)	-0.0371***(-3.1662)
<i>age</i>		-0.0042(-0.4733)		-0.0035(-0.3782)
<i>age</i> ²		0.0001**(2.3324)		0.0001**(2.3006)
<i>dehis</i>		0.1323*** (13.6797)		0.1324*** (13.6902)
<i>insur</i>		0.0097(1.2156)		0.0096(1.2027)
<i>smock</i>		0.0180*** (2.6200)		0.0184*** (2.6408)
<i>hospital</i>		-0.0000(-1.5373)		-0.0000(-1.5528)
<i>Constant</i>	0.1132*** (40.5785)	0.1732(0.4602)	0.1129*** (36.4299)	0.1413(0.3662)
时间/个体	控制	控制	控制	控制
观测值	43 989	40 503	43 989	40 503
<i>R</i> ²	0.3785	0.3934	0.3782	0.3931

注:(1)括号内为*t*统计量,***、**和*分别表示在1%、5%和10%的统计水平上显著,标准误在城市-时间层面进行聚类;(2)由于实证分析中 *reghdfe* 命令会自动剔除 *singletons* 样本,因此观测值小于总样本量。下同。

此外,本文还深入探究了智能制造对劳动者心理健康的影响,及其对劳动者患不同种类疾病概率的影响,结果如表 3 所示。表 3 列(1)–列(3)的结果表明,智能制造能够显著改善劳动者的心理健康状况,并降低情绪类疾病发生的概率。可能的原因是,智能制造通过优化就业结构、增强劳动者工作价值感、缓解劳动者工作压力,进而改善劳动者的心理健康并降低其患情绪类疾病的概率。列(4)与列(5)的结果表明,智能制造能够显著降低工人发生骨折、关节疼痛、肌肉疼痛等外伤的概率,对眼疾、耳疾也具有负向影响。其原因可能在于,智能制造设备替代人类进行高危作业,改善了劳动者的工作环境安全性,进而降低了骨折等外伤事故的发生概率。列(6)的结果表明,智能制造会显著抑制呼吸系统疾病的发生。可能的原因是,智能制造通过优化能源管理减少企业气体和固体颗粒物污染物的产生与排放,进而减少因这类污染物而引发的呼吸系统疾病。列(7)与列(8)的结果表明,智能制造可显著降低工人患皮肤病、发烧等免疫系统疾病的概率。列(9)的结果表明,智能制造对劳动者患循环系统疾病的影响不显著。列(10)与列(11)的结果表明,智能制造对传染病的影响并不显著,但是能够显著抑制劳动者患非传染性疾病的概率。

(二) 稳健性检验^①

1. 内生性问题的处理。研究智能制造对劳动者健康水平的影响可能存在内生性问题。一方

^① 受篇幅限制,未报告稳健性检验结果,备索。

面，智能制造与劳动者健康水平之间可能存在反向因果问题。如果企业员工健康状况较差（如高工伤率或心理问题高发），那么会使得企业劳动生产率下降，促使企业更快地采用机器人等智能制造设备，以减少对人工的依赖。另一方面，本文的实证研究可能存在遗漏变量的内生性问题。因此，为了缓解模型的内生性问题，本文构建了两个工具变量，使用工具变量法来处理本文可能存在的内生性问题，具体如下：

第一，本文构建了政府人工智能关注度指标作为工具变量。具体而言，本文运用 Python 爬虫技术抓取地级市层面政府工作报告中的人工智能相关关键词，并以其出现频次作为政府人工智能关注度的代理变量。首先，政府政策对企业具有引导作用，地方政府对人工智能的关注度越高，企业越倾向于积极引进智能制造设备以响应政策导向；同时，政府也更可能通过政策补贴的方式鼓励和支持企业引进智能制造设备。因此，该工具变量满足相关性。其次，政府对人工智能技术的关注度是政府层面的政策动向，与个人的健康没有直接影响。因此，该工具变量满足排他性。工具变量第一阶段的回归结果显示，政府人工智能关注度与智能制造存在显著的正相关关系。工具变量第二阶段的回归结果显示，在考虑内生性后，智能制造仍会对劳动者的健康水平产生显著的正向影响。

第二，本文借鉴李磊等（2021）的做法，使用滞后一期省份机器人进口总额作为工具变量。选取该指标的原因在于：其一，相关性方面，上一年度省份机器人进口强度通过示范效应与竞争效应，影响城市内企业应用机器人或加大人工智能创新的决策；其二，排他性方面，作为省份层面的滞后变量，它只通过引导城市企业引进机器人间接作用于劳动者健康，与个人层面的被解释变量无直接关联。从一阶段结果可以看出，滞后一期省份机器人进口强度与智能制造存在显著的正相关关系。从二阶段回归结果来看，核心解释变量系数在 1% 水平上显著为负，这说明在考虑内生性后，智能制造对劳动者健康水平会产生积极影响的结论仍然稳健。

表 3 智能制造对劳动者患不同种类疾病的影响

疾病	心理健康	情绪类		外伤类		呼吸系统
	心理健康	胃痛	头痛、头晕	骨折等	眼疾、耳疾	哮喘
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>imrobot</i>	-0.1628***(-2.6732)	-0.0077**(-2.5314)	-0.0227***(-2.8508)	-0.0396***(-9.8631)	-0.0015(-0.9549)	-0.0054***(-5.1160)
<i>impatent</i>	-0.0815*(-1.6693)	-0.0042*(-1.6632)	-0.0188***(-5.9446)	-0.0253***(-5.0903)	-0.0013(-1.4937)	-0.0033***(-3.2450)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间/个体	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	19 785	19 229	34 310	34 296	34 287	19 230
疾病	免疫系统		循环系统	其他疾病		
	发烧、咳嗽等	皮肤病	心脏病	其他传染病	其他非传染病	
	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
<i>imrobot</i>	-0.0412***(-6.0857)	-0.0055***(-3.1979)	0.0001(0.0404)	0.0017(0.9069)	-0.0428***(-5.0238)	
<i>impatent</i>	-0.0274***(-4.5939)	-0.0032**(-2.4349)	0.0004(0.3578)	0.0009(0.8286)	-0.0231***(-3.1821)	
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	
时间/个体	控制	控制	控制	控制	控制	
观测值	34 311	34 286	34 283	34 216	33 804	

注：表3中的每列均为分别使用*imrobot*和*impatent*作为核心解释变量进行回归的结果。为了使结果呈现更加直观，本文将两列结果合成一列呈现。限于篇幅，未报告控制变量和常数项的估计结果，备索。下同。

2. 其他稳健性检验。为了保证本文基准回归结果的稳健性，本部分还进行了一系列的稳健性检验。具体方法包括：第一，更换劳动者健康的度量方法。本文选用 CHNS 数据库中劳动者的

健康自评指标作为被解释变量进行回归。鉴于自评数据存在瞒报、虚报的潜在风险,在研究过程中,仅将其作为稳健性检验的参考依据,而非主要研究数据。第二,更换核心解释变量度量方法。具体而言,本文分别采用机器人进口金额、基于 Fan 等(2021)宽口径标准下的 HS8 位码统计的机器人进口总量、基于 IFR 机器人数据测算的城市机器人渗透度以及智能制造专利申请量作为核心解释变量的替代指标。第三,使用二值选择模型估计。考虑到本文的被解释变量为二元变量,线性概率模型不能保证被解释变量的取值在范围内,因此本部分使用 Logit 和 Probit 模型对基准结果重新估计。第四,考虑智能制造的滞后影响。考虑到智能制造对劳动者健康水平的影响存在一定的时滞效应,本文将核心解释变量的滞后一期纳入模型,以更准确地捕捉时滞影响,并缓解模型可能存在的内生性问题。第五,更换固定效应。本部分通过纳入时间固定效应与城市固定效应进行稳健性检验。第六,更换聚类方法。鉴于 CHNS 数据库涵盖的城市样本量较少,为规避因聚类数量偏少可能引发的估计偏误,本文在基准回归中借鉴 Fan 等(2020)、Chen 和 Liu(2022)、周默涵等(2024)的研究,在城市-时间层面进行聚类估计。本部分则在城市层面进行聚类,以验证结论的稳健性。上述检验均与基准回归结论一致,从而验证了基准结果的稳健性。

(三)机制检验

1. 工作“时力”双减效应。长时间、高繁重度的工作会对劳动者健康水平造成不利影响(Cook 和 Gazmararian, 2018; Kuroda 和 Yamamoto, 2019)。本部分从实际工作时长和工作繁重度两个维度来分析智能制造对劳动者健康的影响机制。实际工作时长根据 CHNS 数据库中被调查者对“平均每周工作天数”问题的回答来度量。同时,本文使用工作中体力劳动时间(小时)来代表劳动者的工作繁重度。通过上述两个维度,本文检验了智能制造对劳动者健康影响的机制之一——工作“时力”。表 4 的结果表明,智能制造不仅会显著减少劳动者的工作时长,而且能够显著降低劳动者的工作繁重度。该结论证实了假设 1。综上所述,智能制造通过引入先进技术和自动化系统,能够显著缩短劳动者的工作时长,大幅降低工人的工作繁重度。智能制造带来的“时力”双减效应有助于减轻劳动者的身体负担,减少因长期高强度工作而导致的健康风险,进而对提升劳动者的整体健康水平产生积极影响。

表 4 机制检验:“时力”双减效应

	平均每周工作天数		体力劳动时间	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>imrobot</i>	-0.3016***(-4.2822)		-3.7324**(-2.5144)	
<i>impatent</i>		-0.2144***(-5.4475)		-2.9326***(-3.9632)
控制变量	控制	控制	控制	控制
时间/个体	控制	控制	控制	控制
观测值	40 612	40 612	16 749	16 749
R^2	0.4216	0.4216	0.4812	0.4815

2. 工作价值实现。职业价值感是心理资本的重要组成部分(Luthans 等, 2006)。个人工作价值的实现程度越高,劳动者的生活满意度就越高,对心理健康水平会产生更加积极的影响(Steger 等, 2012)。鉴于此,本部分将主要从工作有无(是否失业)、工作是否为非常规岗位、^①就业-技能是否匹配^②三个维度来衡量劳动者的职业价值感。

① 具体而言,非常规岗位包括:(1)高级专业技术人员;(2)初级专业技术人员;(3)管理员、执行官、经理;(4)办公室工作人员;(5)技术工人;(6)军官;(7)普通士兵、警察。其他职业则为常规岗位。

② 借鉴王林辉等(2023a)的方法衡量教育-技能匹配度。

从表 5 的结果可以看出：第一，智能制造会显著缓解失业情况，使更多的劳动者拥有工作，从而获得最基础的工作价值感。第二，智能制造会显著增加非常规岗位劳动者的数量，将劳动者从繁杂、危险的常规岗位中解放出来，一定程度上提高了劳动者的社会地位，进而促进其健康水平。第三，智能制造显著提高了劳动者的职业-技能匹配度。当劳动者技能与岗位要求匹配时，既能高效完成工作、减少压力焦虑，又能提高工作满意度与成就感，从而有助于改善其健康状况。因此，智能制造可推动从事枯燥工作且社会地位较低的劳动者的岗位重新分配，促使其转向更契合自身期望的岗位，从而获得更高的职业价值感，进而为其健康带来福祉。

表 5 机制检验：工作价值实现

	失业		非常规职业		职业-技能匹配度	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>imrobot</i>	-0.1254***(-6.8551)		0.0164*(1.7521)		0.0892***(7.4773)	
<i>impatent</i>		-0.0811***(-5.2410)		0.0179***(4.4423)		0.0559***(7.3241)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间/个体	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	40 146	40 146	40 566	40 566	40 566	40 566
R ²	0.5581	0.5580	0.6911	0.6912	0.5964	0.5962

3. 心理压力。已有研究表明，压力与人的生理和心理健康存在密切联系(Adler 和 Stewart, 2010; Loerbroks等, 2016; Harvey 等, 2017)。本文基于 CHNS 数据库中的压力问卷数据^①验证该机制是否成立。从表 6 的结果可以看出，智能制造能够显著缓解劳动者的心理压力。原因在于：一方面，智能制造能够减少失业，从而缓解劳动者就业压力；另一方面，智能制造也会促使职业结构转型，提升劳动者的工作价值感，从而使其心理状态更为积极。因此，智能制造会显著缓解劳动者的压力，促使其产生更加积极的情绪，从而对健康产生正向反馈效应。表 5 和表 6 的结论共同证实了假设 2。

表 6 机制检验：心理压力

	(1)	(2)
<i>imrobot</i>	-1.0311***(-15.0295)	
<i>impatent</i>		-1.1204***(-15.0295)
控制变量	控制	控制
城市	控制	控制
观测值	10 938	10 938
R ²	0.1408	0.1408

注：由于 CHNS 中仅 2015 年调查了劳动者的压力情况，因此该表为仅有 2015 年数据的截面回归，仅控制了城市层面的固定效应。

4. 工作环境。劳动者的工作环境会对劳动者的健康水平产生重要影响。沈红波等(2012)指出，80% 的环境污染来自企业的生产经营活动，企业污染物产生量是影响工人健康最直接的环境因素。为了探究智能制造是否能够通过减少企业污染物产生量进而提升工人健康水平，本文使用中国企业污染数据库(CES)2000—2014 年的相关数据进行研究。具体而言，本文从气体、液体和固体颗粒物污染三个角度各自选取了二氧化硫产生量(千吨)、废水排放量(千吨)和烟粉尘产生量(千吨)指标进行研究。为了防止污染物产生量数据极端异常值的影响，本文对上述数据进行了前后 0.5% 的缩尾处理，结果如表 7 所示。

从表 7 的回归结果可以看出：智能制造会显著抑制企业气体(二氧化硫)、液体(废水)和固体颗粒污染物(烟粉尘)的产生和排放，这与盛丹和卜文超(2022)的研究结论一致，证实了假设 3。

^① 压力问卷共涉及 13 个问题，本文将问题划分为积极情绪和消极情绪两大类。本文将消极类情绪问题答案赋正值，积极类情绪答案赋负值，再将所有问题的答案相加得到心理压力指标 *pressure*。

因此,智能制造依托数字化、智能化管控体系以及先进环保工艺的融合应用,能显著增强企业的污染处理能力。在生产流程中,借助智能监测与精准调控,可有效减少各类污染物的产生与排放,切实地为工人营造更为健康、安全的工作环境,提升工人的健康水平,这一机制的证实体现了智能制造在经济与社会层面的双重正向价值。

表 7 机制检验:工作环境

	气体污染物(SO ₂)		液体污染物(废水)		固体颗粒污染物(烟粉尘)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>imrobot</i>	-0.0442***(-4.4084)		-21.6051(-1.5467)		-1.3475***(-6.5594)	
<i>impatent</i>		-0.0292***(-3.0947)		-28.0099**(-2.5419)		-1.1213***(-3.5397)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间/企业	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测值	1 089 681	1 089 681	1 091 181	1 091 181	1 033 466	1 033 466
R ²	0.8616	0.8616	0.8067	0.8067	0.7980	0.7980

(四)异质性分析

1. 技能水平高低。智能制造在生产过程中的应用对劳动者健康的影响,可能在不同技能群体间呈现异质性特征。在学术研究中,常以受教育水平来衡量劳动者技能水平(Acemoglu 和 Restrepo, 2018; 李磊等, 2021; 汪前元等, 2022)。因此,本文选取受教育水平(*edu*)作为技能代理变量来考察智能制造对不同技能水平劳动者产生的异质性影响。本文将智能制造与受教育水平的交乘项(*imr_edu* 和 *imp_edu*)引入模型。表 8 列(1)与列(2)的结果表明,智能制造对劳动者健康水平产生的积极影响会随劳动者受教育年限的增加而呈现出递减趋势,即智能制造的健康福利效应对低教育水平的劳动力影响更为显著。这一现象背后的内在逻辑是,智能制造技术的广泛应用主要对低教育水平劳动力的工作产生了冲击,促使这部分劳动力发生了有利的工作任务转换。在新的工作任务模式下,低教育水平劳动力在工作过程中获得了更多提升健康水平的机会,进而获得了更大程度的健康福利效应。

表 8 异质性分析:技能水平高低和用工性质差异

	技能水平		用工性质	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>imr_edu</i>	0.0163***(-6.6416)			
<i>imp_edu</i>		0.0077*(2.4678)		
<i>imr_stab</i>			0.0191**(2.5052)	
<i>imp_stab</i>				0.0023(0.4814)
<i>imrobot</i>	-0.1352***(-6.6294)		-0.0865***(-4.5198)	
<i>impatent</i>		-0.0692***(-2.9257)		-0.0385***(-2.6066)
<i>edu</i>	-0.0040(-1.1497)	-0.0041(-1.1783)		
<i>stability</i>			-0.0299**(-2.4036)	-0.0290**(-2.3272)
控制变量	控制	控制	控制	控制
时间/个体	控制	控制	控制	控制
观测值	39 584	39 584	9 980	9 980
R ²	0.3927	0.3923	0.4378	0.4372

2. 用工性质差异。在劳动用工领域,正式工凭借其相对稳定的工作环境和较为完备的权益保障,在就业稳定性上占据明显优势。非正式工则不同,他们工作的稳定性和保障性相对较弱。这种稳定性和保障性的差异,使得他们在工作任务属性以及心理状态上存在着显著区别。本文

根据 CHNS 数据库中对劳动者职位类型的划分,将合同工和长期工归为正式工组($stability=1$),将临时工归类为非正式工组($stability=0$),以考察智能制造对不同用工性质劳动者健康水平的影响。本文将智能制造与用工性质的交乘项(imr_stab 和 imp_stab)引入模型。表 8 列(3)与列(4)的结果表明,智能制造对临时工健康水平的改善效应相对正式职工更加显著。可能的原因是:第一,临时工在传统模式下承担更多“健康损耗型”任务,更可能从事重复性、高强度的体力劳动(如生产线组装、物流搬运)。智能制造设备能够替代工人完成危险、繁重的任务,使临时工的工作安全性变强,因此智能制造对临时工的健康福利效应更为明显。第二,在传统模式下,临时工常面临“随时被替换”的压力与低自主性。智能制造系统提供更透明的任务分配与实时反馈,使临时工可以更清晰地规划工作节奏,减少焦虑感,从而使其健康水平得到更多的改善。

五、研究结论与政策建议

“健康中国”战略是我国高质量发展的重要内容。以智能制造为代表的新质生产力能否赋能该战略,是检验技术发展是否服务人民的关键。然而,智能制造对劳动者健康水平的影响及其作用机制,目前微观层面的研究相对匮乏。鉴于此,本文使用 2000—2015 年中国海关贸易、中国专利和 CHNS 微观调查数据,以机器人使用和智能制造专利授权量为代理变量,实证分析智能制造对劳动者健康的影响及其作用机制。

本文的研究发现:(1)智能制造能够显著降低劳动者生病或者受伤的概率,改善劳动者的健康水平。(2)对于不同类型的疾病,智能制造会显著改善劳动者的心理健康状态,抑制情绪类疾病的发生。同时,智能制造还能显著抑制外伤类、免疫系统和呼吸系统疾病的发生。相对于传染性疾病,智能制造对非传染性疾病的抑制作用更加显著。(3)机制分析表明,智能制造对劳动者健康的影响主要通过三重路径实现。首先,智能制造的替代效应将劳动者从繁杂、重复、危险的常规任务中解放出来,减少其工作时间和任务繁杂度,从而对劳动者的健康产生积极影响;其次,智能制造的生产率效应与岗位促进效应,使劳动者更多地转向轻松安全的非常规岗位,提升劳动者就业价值感并缓解其心理压力,形成健康改善机制;最后,依托智能制造的绿色生产效应,能减少企业污染物的产生,优化工作环境,为劳动者的健康带来福祉。(4)智能制造对劳动者的健康效应存在群体异质性。低技能(受教育程度较低)劳动者、临时工从智能制造中获得的健康改善效果更为显著。

针对上述结论,本文提出如下政策建议:第一,有关部门在强调发展新质生产力的同时,也要更加关注新质生产力与劳动者之间的相互影响。技术发展最终要服务于人民,新质生产力重在“新质”,而衡量“新质”绝不能只看效率,更要关注公平。在不断提升我国技术水平的同时,我们要进一步贯彻落实“全面推进健康中国建设”的战略任务,把保障人民健康放在优先发展的战略位置,深入贯彻实施“健康中国”行动。让新质生产力为“健康中国”赋能,从而不断产生“新质”劳动力。第二,企业在引进智能制造技术时,需兼顾生产效率与员工健康,主动履行社会责任。一方面,应注重生产的环境效益,提升工作环境安全性与舒适度;另一方面,建立灵活的岗位匹配机制,助力员工实现工作价值,从而为员工健康、企业发展和社会稳定带来积极影响。第三,政府可出台针对智能制造领域的专项政策,明确将提升劳动者健康水平作为重要的目标之一。例如,在产业政策中规定,企业智能化改造需同步提升劳动者健康保护,对符合要求的项目给予财政补贴或税收优惠。同时,完善科研成果转化机制,通过举办技术交流会等活动,加速智能制造领域有利于劳动者健康的新工艺、新材料在企业中的推广应用。

主要参考文献:

- [1]陈琳,高悦蓬,余林徽.人工智能如何改变企业对劳动力的需求?——来自招聘平台大数据的分析[J].管理世界,2024,(6):74-93.
- [2]郭凯明.人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动[J].管理世界,2019,(7):60-77.
- [3]黄乾,苏文杰.机器人使用对劳动者心理健康的影响——来自微观个体层面的经验证据[J].人口与经济,2024,(6):110-123.
- [4]黄贇琳,蒋鹏程.数字低碳之路:工业机器人与城市工业碳排放[J].财经研究,2023,(10):34-48.
- [5]李建军,吴周易.机器人使用的税收红利:基于新质生产力视角[J].管理世界,2024,(6):1-15.
- [6]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,(9):104-118.
- [7]林欣,李春顶.国内外工业机器人应用对制造业就业的影响分析[J].财经研究,2023,(7):19-33.
- [8]刘东升,王永中.机器人应用对就业转移的影响[J].财经研究,2025,(2):79-93.
- [9]盛丹,卜文超.机器人使用与中国企业的污染排放[J].数量经济技术经济研究,2022,(9):157-176.
- [10]王静,王怡静,宋建.最低工资、机器人应用与劳动收入份额——基于上市公司经验证据[J].财经研究,2022,(12):106-120.
- [11]王林辉,胡晟明,董直庆.人工智能技术、任务属性与职业可替代风险——来自微观层面的经验证据[J].社会科学文摘,2022,(8):91-93.
- [12]王林辉,钱圆圆,宋冬林,等.机器人应用的岗位转换效应及就业敏感性群体特征——来自微观个体层面的经验证据[J].经济研究,2023a,(7):69-85.
- [13]王林辉,钱圆圆,周慧琳,等.人工智能技术冲击和中国职业变迁方向[J].管理世界,2023b,(11):74-93.
- [14]王永钦,董雯.人机之间:机器人兴起对中国劳动者收入的影响[J].世界经济,2023,(7):88-115.
- [15]谢攀,张伊娜.人工智能、资本流动与代际效用——基于三期世代交叠的视角[J].中央财经大学学报,2021,(3):102-114.
- [16]谢强,封进.环境管制的健康效应与福利效应[J].经济学(季刊),2023,(3):894-912.
- [17]闫雪凌,余沐乐,张雪原,等.机器人应用与劳动健康:基于宏微观的实证证据[J].系统工程理论与实践,2024,(1):148-165.
- [18]易苗,刘朋春,郭白滢.机器人应用、企业规模分化与劳动收入份额[J].世界经济,2024,(6):176-200.
- [19]张军,闫雪凌,余沐乐,等.工业机器人应用与劳动关系:基于司法诉讼的实证研究[J].管理世界,2023,(12):90-105.
- [20]周默涵,薛浩婷,唐学朋,等.贸易政策不确定性何以影响个体健康?——来自 CHNS 数据的经验证据[J].经济学(季刊),2024,(6):2041-2057.
- [21]Acemoglu D, Autor D. Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings[J]. Handbook of Labor Economics, 2011, 4: 1043-1171.
- [22]Acemoglu D, Autor D, Hazell J, et al. Artificial intelligence and jobs: Evidence from online vacancies[J]. Journal of Labor Economics, 2022, 40(S1): S293-S340.
- [23]Acemoglu D, Restrepo P. The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment[J]. American Economic Review, 2018, 108(6): 1488-1542.
- [24]Acemoglu D, Restrepo P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets[J]. Journal of Political Economy, 2020, 128(6): 2188-2244.
- [25]Acemoglu D, Restrepo P. Demographics and automation[J]. The Review of Economic Studies, 2022a, 89(1): 1-44.
- [26]Acemoglu D, Restrepo P. Tasks, Automation, and the Rise in U. S. Wage Inequality[J]. Econometrica, 2022b, 90(5): 1973-2016.

- [27]Aghion P, Jones B F, Jones C I. Artificial intelligence and economic growth[M]. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 2017.
- [28]Autor D H, Levy F, Murnane R J. The skill content of recent technological change: An empirical exploration[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 2003, 118(4): 1279–1333.
- [29]Bughin J, Hazan E, Lund S, et al. Skill shift: Automation and the future of the workforce[M]. San Francisco: McKinsey Global Institute, 2018: 3-84.
- [30]Chen L P, Liu W L. The effect of internet access on body weight: Evidence from China[J]. *Journal of Health Economics*, 2022, 85: 102670.
- [31]Fan H C, Hu Y C, Tang L X. Labor costs and the adoption of robots in China[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2021, 186: 608–631.
- [32]Fan H C, Lin F Q, Lin S. The hidden cost of trade liberalization: Input tariff shocks and worker health in China[J]. *Journal of International Economics*, 2020, 126: 103349.
- [33]Graetz G, Michaels G. Robots at work[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2018, 100(5): 753–768.
- [34]Han W Z, Zhang Y M. Carbon reduction effect of industrial robots: Breaking the impasse for carbon emissions and development[J]. *Innovation and Green Development*, 2024, 3(3): 100158.
- [35]Liu Q R, Luo S, Seamans R. Pain or anxiety? The health consequences of rising robot adoption in China[J]. *Economics Letters*, 2024, 236: 111582.
- [36]Luo W, Tang L X, Yang Y X, et al. Robots as guardians: Industrial automation and workplace safety in China[J]. *Journal of Development Economics*, 2025, 172: 103381.
- [37]Seamans R, Raj M. AI, labor, productivity and the need for firm-level data[R]. National Bureau of Economic Research No. w24239, 2018.

Intelligent Manufacturing and Worker Health: An Investigation Based on Individual Micro-data

Sheng Dan^{1,2}, Lyu Lin^{1,2}

(1. Centre for Research on Multinational Corporations, Nankai University, Tianjin 300071, China;

2. School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

Summary: In recent years, the artificial intelligence technology in China has developed rapidly, promoting intelligent manufacturing to deeply integrate into various sectors of social production. Against this background, the impact of intelligent manufacturing on the labor market has become a focus for scholars both domestically and internationally. However, most of the existing research focuses on the impact of intelligent manufacturing on aspects such as the scale of labor employment and salary levels, with little attention paid to its impact on worker health, and there is a lack of detailed exploration of its action paths.

Based on the China Customs Database, China Patent Database, and China Health and Nutrition Survey (CHNS) Database from 2000 to 2015, this paper examines the impact of intelligent manufacturing on worker health from an individual micro-perspective and explores its micro-mechanisms. The study finds that intelligent manufacturing significantly improves worker health. Specifically, intelligent manufacturing can not only

(下转第 124 页)

of the digital economy in cities, entrepreneurial vitality in the service industry, and digital decision-making capability in enterprises constitute the underlying mechanisms through which public data access contributes to foreign investment. Meanwhile, the internationalization level of executive teams positively moderates the impact of public data access. In addition, the positive impact of public data access is more significant in non-information enterprises, productive service industries, and modern service industries. Furthermore, public data access related to public services and economic construction is more conducive to promoting foreign investment in service enterprises.

This paper makes three key contributions: First, it extends the impact of public data access on foreign investment in the service industry, revealing specific mechanisms and providing targeted policy recommendations. Second, it utilizes listed company samples to demonstrate the multidimensional mechanisms of public data access affecting foreign investment, focusing on the level of the digital economy in cities, entrepreneurial vitality in the service industry, and digital decision-making capability in enterprises. Third, it reveals the moderating role of executive team internationalization, the positive role of foreign investment in promoting the upgrading of the service industry, and the heterogeneous effects of different types of enterprises, industries, and themes.

Key words: public data access; service industry; foreign investment; listed companies

(责任编辑 景 行)

(上接第 33 页)

reduce the probability of workers suffering from emotional disorders, traumatic injuries, and immune system and respiratory system diseases, but also have a positive impact on workers' mental health. Mechanism testing shows that intelligent manufacturing improves worker health mainly through reducing working hours and intensity, enhancing the sense of work value, relieving psychological stress, and improving the working environment. Heterogeneity analysis shows that the health-promoting effect of intelligent manufacturing is more obvious for low-skilled workers and temporary workers.

The contributions of this paper are as follows: First, from the research perspective, existing literature mainly focuses on the impact of intelligent manufacturing on employment, while this paper analyzes it from the perspective of individual health, enriching the research on the impact of intelligent manufacturing on social individuals. Second, in terms of the research mechanism, this paper profoundly analyzes the mechanism by which intelligent manufacturing affects worker health, and verifies the action paths. Third, in terms of the research conclusions, this paper not only enriches the results of the impact of intelligent manufacturing on the probability of workers suffering from different types of diseases, but also confirms that it can effectively offset the panic caused by "machine substitution for human" by optimizing the production process and improving the work environment, thereby significantly enhancing workers' mental health, which provides new evidence for a comprehensive and objective understanding of the impact of intelligent manufacturing on workers.

Key words: intelligent manufacturing; worker health; new quality productive forces

(责任编辑 景 行)