

工业机器人应用、媒体关注与企业绿色创新

郭金花^{1,2},常帅文²,焦 焯²

(1. 中央财经大学 经济学院,北京 102206;2. 山西财经大学 工商管理学院,山西 太原 030006)

摘要:充分发挥工业机器人应用的绿色创新赋能效应,是关乎制造业绿色转型与经济发展和谐共生的重要议题。选取2011—2019年制造业上市公司数据,探讨工业机器人应用、媒体关注对企业绿色创新的影响。研究发现:工业机器人应用有利于促进企业绿色创新,且在非国有、高科技及大规模企业中工业机器人应用对企业绿色创新的促进效果更加明显。作用路径检验表明,工业机器人应用能通过优化企业生产经营结构、绿色治理结构、研发投入结构和人力资本结构促进企业绿色创新。调节效应检验表明,媒体关注的“聚光灯”效应增强了工业机器人应用对企业绿色创新的促进作用,且区分高管特征发现,在无政治背景高管和有环保背景高管所在企业中媒体关注对工业机器人应用与企业绿色创新的正向调节效应更明显。研究结论对企业抓住智能制造发展契机并发挥媒体关注的绿色创新治理效应具有重要启示。

关键词:工业机器人应用;企业绿色创新;媒体关注;高管背景

中图分类号:F273.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-6049(2024)05-0100-11

DOI:10.20211/j.cnki.jnufe.2024.05.007

一、引言

制造业是供给侧结构性改革的重要领域和技术创新的主战场,但目前我国多数制造企业绿色技术水平较低^[1],且制造企业高能耗的生产模式给生态环境带来的大气污染、生态破坏等环境问题成为政府、媒体等社会各界的关注热点。党的二十大报告指出,加快发展方式绿色转型,推动制造业高端化、智能化、绿色化发展,要大力发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合。这为制造业绿色转型指明了方向。特别是随着以智能制造为代表的新一轮科技和产业革命发展,工业机器人应用成为推动制造企业智能化升级和高质量发展的重要举措。因此,如何充分发挥智能化升级对制造企业的绿色创新促进作用并推进制造业绿色低碳转型已成为实现“双碳”目标过程中亟待解决的重要问题。

实践中,大规模的“机器换人”正前所未有的渗透到社会生产、生活的各方面,也吸引了各大新闻媒体的争相报道。已有研究表明,数字化技术和工业机器人应用对促进技术升级、助推经济增长以及促进新质生产力的形成与发展产生了重要影响^[2-3];作为一种能自动控制、重复编程的多功能机器设备^[2],工业机器人能有效突破制造企业绿色发展中的技术难题,为企业绿色转型带来新契机。学者们指出,加速推广机器人等智能装备已成为推动中国发展模式变革和产业绿色转型升级的关键举措^[4];工业机器人

收稿日期:2023-11-24;修回日期:2024-03-09

基金项目:国家自然科学基金青年项目“企业数字化转型、人力资本结构优化影响全要素生产率的效应、机制及治理对策”(72102133);教育部人文社会科学基金青年项目“数字基础设施影响企业全要素生产率提升的双重效应、多维机制与情境差异研究”(21YJC790040)

作者简介:郭金花(1991—),女,山西朔州人,通讯作者,管理学博士,中央财经大学经济学院博士后,山西财经大学工商管理学院副教授,硕士生导师,研究方向为数字化转型与技术创新;常帅文(1998—),男,山西晋中人,山西财经大学工商管理学院硕士研究生,研究方向为数字化转型与技术创新;焦焯(1990—),男,山西太原人,管理学博士,山西财经大学工商管理学院副教授,研究方向为绿色创新。

应用将导致企业市场选择效应更加激烈,倒逼企业采用更加清洁的生产方式^[5];机器人在企业生产中的运用有助于重塑研发创新过程,对企业绿色创新产生积极影响^[6];节约人工成本和优化人力资本调整是工业机器人应用影响绿色创新的重要途径^[7];工业机器人应用可以通过提高生产率和企业环境管理能力^[8]以及增加绿色研发投入促进企业绿色创新^[9]。也有研究关注到人工智能技术运用不仅能提升企业污染治理效率^[10],而且显著降低了企业SO₂的排放强度,促进了企业绿色生产^[11]。

媒体是信息的传播者、加工者和挖掘者。随着网络主流媒体公信力与价值引领作用的不断提升,在媒体“聚光灯”下,为了获得积极的舆论导向并塑造良好的企业形象,越来越多的企业开始重视绿色技术创新^[12]。通过梳理,已有研究探究了媒体关注对公司治理、违规风险和企业技术创新的影响^[13-14],指出媒体关注对企业创新绩效发挥了促进作用^[15],网络主流媒体对企业创新的促进作用比低散户舆论对其的作用更加明显^[14]。也有研究指出媒体是企业不当行为的重要监督机构^[16],企业周围的媒体密度越高,其污染排放行为被曝光的概率就越大^[17]。仅少数研究指出,媒体关注对企业绿色创新具有显著促进效应^[18],媒体负面环境报道显著提高了重污染企业绿色创新绩效,促使其“知弱图强”而非“捉襟见肘”^[19]。

综上,学者们关注到了工业机器人应用对经济增长、劳动力市场需求及绿色生产的积极影响,但鲜有研究从企业结构优化视角系统地探究工业机器人应用影响制造企业绿色创新的作用路径。同时,现有研究忽略了媒体关注这一环境“软规制”在工业机器人应用赋能企业绿色创新的重要作用,而厘清媒体关注影响工业机器人应用与企业绿色转型的策略之选对有效施展媒体的环境治理作用、弥合环境“硬规制”的不足具有深远意义。

基于此,本文旨在探究工业机器人应用对企业绿色创新的影响及媒体关注的调节作用。本文的边际贡献如下:第一,拓深了工业机器人应用影响企业绿色创新实现路径的认识,与已有研究多关注工业机器人应用对促进经济增长^[2]、节约用工成本^[7]及推进绿色生产^[11]等研究不同,本文从企业生产经营结构、绿色治理结构、研发投入结构和人力资本结构视角全面系统地探寻工业机器人应用影响企业绿色创新的作用路径。第二,突破了基于外部正式环境规制的单一视角,与已有研究多关注网络媒体对公司治理违规风险^[13]和企业创新^[14]的影响不同,本文从媒体关注这一“软规制”视角审视外部媒体关注压力下工业机器人应用驱动企业绿色创新的调节机制,并分析了媒体正面、中性和负面报道等不同媒体情绪对工业机器人应用与企业绿色创新关系的影响差异。第三,揭示了企业外部媒体关注与内部高管背景特征在工业机器人应用影响企业绿色创新关系中的内在联系,并进一步分析了不同政治背景和环保背景下,媒体关注对工业机器人应用与企业绿色创新的差异化调节效应。

二、理论分析与研究假说

(一) 工业机器人应用对企业绿色创新的影响

新一代数字技术与制造业应用场景深度融合,衍生出数字化和智能化制造范式,已成为推动企业绿色创新的主导力量。工业机器人采用数字控制系统,可以实现精准生产,避免了传统手工操作不规范导致的废品率高和资源浪费等问题,有利于企业以更加集约化的方式开发绿色产品^[1,20]。同时,企业可以基于工业机器人技术构建智能运营管理系统,帮助企业高效收集和获取各类信息技术和环保知识,增加绿色工艺创新和产品创新的信息和知识储备^[21]。总之,工业机器人应用有助于研发部门高效整合各任务模块,实时监控所有研发任务,确保绿色产品研发效率,促进企业绿色创新^[11]。具体表现为如下方面。

第一,工业机器人应用通过优化生产经营结构促进企业绿色创新。依托工业机器人等智能化技术能够实现企业内部资源与外部需求的快速响应与有效协调^[1],有利于企业实现精益生产,优化企业生产经营结构。同时,工业机器人还可以通过内置传感器和监测系统,实时收集生产过程中的各种数据,有助于企业更快地做出决策并进一步实现生产经营结构优化^[22];而生产经营结构优化可以提高企业资源使用效率,节约生产经营成本,高效地配置生产资源和要素,为企业绿色工艺创新和产品创新提供要素支撑,从而促进绿色创新^[21]。

第二,工业机器人应用通过优化绿色治理结构促进企业绿色创新。委托代理理论认为,在企业的

经营管理过程中,管理者可能会出于自身短期利益和成本考虑忽视企业的绿色转型发展问题。工业机器人作为代表性的数字技术之一,其在企业的广泛应用提高了各类数据信息收集共享的及时性和透明度,有利于企业通过数据中台实时监控、分析企业生产经营活动的资源消耗和污染排放数据变动,加强利益相关者对企业管理者绿色治理行为的监督^[23-24]。这在一定程度上降低了企业与政府、公众等利益相关者间的信息不对称,有助于利益相关者了解公司环境承诺并监督其行为,进而督促管理者更好地履行绿色治理责任^[4]。

第三,工业机器人应用通过优化研发投入结构促进企业绿色创新。较高的研发投入成本是制约企业开展绿色创新活动的重要因素。近年来,由于人口红利的逐渐消失以及我国政府对机器人使用的大力支持,工业机器人价格不断下落,大多传统制造企业为了应对劳动力成本快速上升的经济压力,开始致力于工业机器人等智能化设备的购买,推动了“机器换人”^[25]。工业机器人的引入通过提高生产效率和减少制造成本,为企业释放了额外的财务资源,使其有能力追加绿色创新研发投入^[8]。同时,工业机器人应用所带来的人工替代效应使得企业可以将优质人力资源投入到研发、技术改进和环保措施等高附加值环节,有助于企业将更多注意力放在环保技术研发创新方面^[7],进而促进企业绿色创新。

第四,工业机器人应用通过优化企业人力资本结构促进绿色创新。作为一项增加生产复杂度的技术和资本性投入,工业机器人应用带来了复杂劳动与智能决策作业的增加,对企业人力配置提出了新的需求,使得企业更倾向于招聘高技能劳动力^[26],必然会引发企业人力资本结构的调整^[27]。而企业的人力资本知识和技能结构提升是实现绿色产品和服务创新的基础。高素质人力资本更有可能认识到企业在环境保护方面的责任,从而在工作中主张资源合理利用,推动企业向绿色创新方向发展。同时,他们也更愿意主动抓住绿色市场机遇,参与或引领绿色技术的研发和应用,开发符合市场需求的绿色产品和技术。基于此,提出以下假说。

假说 1a:工业机器人应用有利于促进企业绿色创新。

假说 1b:工业机器人应用通过优化生产经营结构、绿色治理结构、研发投入结构和人力资本结构促进企业绿色创新。

(二) 媒体关注对工业机器人应用影响企业绿色创新的调节效应

媒体关注作为企业外部的非正式监督主体,为企业带来光环与荣耀的同时,也无可避免地使企业背负了政府、公众等的监督压力。当前,人工智能是媒体关注的焦点,工业机器人作为数字化、智能化发展的代表性技术之一,相比于传统制造企业,引入工业机器人的企业往往会受到更多的媒体关注。目前,由于绿色创新具有不确定性较强、创新风险较高以及短期收益不明显等特点,企业可能会对绿色技术创新持相对悲观态度;而网络媒体的广泛关注犹如聚光灯,能强化企业的绿色战略导向。一方面,媒体关注对企业的违规排放污染物、非法储存和倾倒危险废物等行为具有显著的震慑效果,可通过对企业环境信息披露及环境责任缺失行为的报道^[18],从社会期望和行政干预的视角倒逼企业加大环境治理资金投入、激励企业积极从事绿色技术创新活动。另一方面,媒体作为连接公众、企业与政府之间的重要桥梁,可以通过改善各主体的信息不对称问题发挥媒体环境治理监督作用。如媒体能够通过获取企业环境信息、引导公众认知来影响企业的绿色创新行为;媒体报道也有利于推动政府加强环境保护法规的制定和执行,从而激发企业绿色创新积极性。另外,当网络媒体报道企业的正面新闻时,管理层会通过信息传递效应,将其财务决策传递给外部资本市场,以获得更好的融资机会和社会声誉,从而使企业能以较低成本进行研发融资,并为企业绿色创新提供资金支持^[28]。基于此,提出以下假说。

假说 2:媒体关注有利于强化工业机器人应用对企业绿色创新的促进作用。

三、研究设计

(一) 模型构建

为检验工业机器人应用对企业绿色创新的影响,本文构建模型(1)。

$$GIT_{e,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln exposure_{e,t} + \alpha_2 X_{e,t} + \mu_e + \omega_t + \epsilon_{e,t} \quad (1)$$

其中,被解释变量为 GIT ,表示企业绿色创新;核心解释变量为 $\ln exposure$,表示工业机器人渗透

度; $X_{e,t}$ 表示一系列控制变量集合, μ_e 、 ω_t 分别表示企业固定效应和时间固定效应, $\epsilon_{e,t}$ 为随机扰动项。

(二) 变量说明

被解释变量为绿色创新(GIT)。考虑到绿色专利授权需要经过政府批准,并且需要定期检测和缴纳年费,容易受到官僚因素影响^[29]。本文认为一个绿色专利被引用次数越多,说明它在该领域的影响力越大,即该绿色专利认可度越高^[30]。因此,本文采用企业申请绿色专利被引用次数加1后取自然对数来测度企业绿色创新水平,同时考虑到专利引用的滞后性,借鉴郭丰等^[30]的做法,在全文回归时均将企业绿色专利被引次数进行滞后一期处理。

核心解释变量为工业机器人应用($lnexposure$)。参考 Acemoglu and Restrepo^[31]的做法,本文采用企业层面机器人渗透度的对数进行衡量。

在控制变量方面参考聂飞等^[11]、谢雁翔等^[32]的研究,选取以下变量为控制变量:(1) 现金流比率($cashflow$),采用企业经营活动产生的现金净流量与期末流动负债之比衡量;(2) 前十大股东持股比例($top10$),采用企业前十大股东持股数占总股数的比值衡量;(3) 企业规模($size$),采用企业资产总额的对数衡量;(4) 企业资产负债率($debt$),采用企业负债总金额与资产总额之比衡量;(5) 资本密集度($capdes$),采用企业资产总额与营业收入之比衡量;(6) 企业年龄(age),采用企业成立年限衡量;(7) 环境规制(er),采用企业所在地废气废水污染治理金额投入占当年工业产值的比值衡量。

(三) 数据来源

本文选取 2011—2019 年制造业上市公司样本,数据源于 IFR 和 CSMAR 数据库,并在此基础上,剔除了 ST、PT 等特殊处理的样本,数据缺失的样本以及未连续公布企业年报的样本,最终整理得到 5 685 个样本。同时,本文对变量进行了 1% 的截尾处理以消除异常值干扰。主要变量的描述性统计如表 1 所示。

表 1 变量描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
GIT	5 685	1.704	1.333	0.000	1.386	5.710
$lnexposure$	5 685	2.787	1.550	-1.352	2.907	5.916
$cashflow$	5 685	0.047	0.062	-0.122	0.044	0.219
$top10$	5 685	0.553	0.145	0.224	0.554	0.884
$size$	5 685	22.519	1.192	20.236	22.343	25.906
$debt$	5 685	0.450	0.188	0.079	0.453	0.908
$capdes$	5 685	1.997	1.127	0.440	1.726	7.092
age	5 685	17.413	5.367	5.000	17.000	31.000
er	5 685	0.209	0.199	0.010	0.150	2.840

四、实证结果分析

(一) 基准结果分析

由表 2 中的列(1)至列(4)可知,无论是否加入控制变量或是否在模型检验时考虑企业和时间固定效应,工业机器人渗透度($lnexposure$)的系数均在 1% 的水平下显著为正,表明工业机器人渗透度越高绿色专利的被引用次数越多,即工业机器人应用对企业绿色创新的促进作用明显,证实了假说 1a。

在当今科技自立自强的背景下,企业从事绿色创新活动的积极性对于创新驱动制造企业绿色转型至关重要。本文认为绿色专利申请数量可以在一定程度上反映企业绿色创新的积极性,原因在于,绿色专利申请数量的增加说明企业对绿色创新投入了更多精力和资源,也说明企业在绿色创新方面具有更强的动力和决心。因此,本文进一步采用绿色发明专利和绿色实用新型专利申请总量加 1 取对数表征企业绿色创新积极性(GIE)进行实证检验。由表 2 的列(5)至列(6)可知,工业机器人渗透度的系数均在 1% 的水平下显著为正,进一步表明工业机器人渗透度越高,企业绿色创新积极性越强。

表 2 基准回归结果

变量	(1) GIT	(2) GIT	(3) GIT	(4) GIT	(5) GIE	(6) GIE
$lnexposure$	0.121 *** (0.011)	0.215 *** (0.043)	0.091 *** (0.010)	0.151 *** (0.040)	0.027 *** (0.010)	0.115 *** (0.039)
$constant$	1.368 *** (0.033)	0.684 *** (0.070)	-8.745 *** (0.364)	-9.299 *** (1.195)	-6.869 *** (0.354)	-7.668 *** (1.481)

表 2(续)

变量	(1) <i>GIT</i>	(2) <i>GIT</i>	(3) <i>GIT</i>	(4) <i>GIT</i>	(5) <i>GIE</i>	(6) <i>GIE</i>
<i>controls</i>	NO	NO	YES	YES	YES	YES
<i>Firm/Year</i>	NO	YES	NO	YES	NO	YES
Obs	5 685	5 685	5 685	5 685	5 685	5 685
R-squared	0. 020	0. 232	0. 207	0. 282	0. 119	0. 084

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误;*Firm/Year*指同时控制企业和时间固定效应。

(二) 稳健性检验

第一,对内生性问题的处理。工业机器人对于企业绿色创新的影响并非单向的,即工业机器人应用可以推动企业绿色创新,而高绿色创新水平的企业通常更倾向于推进智能化升级,从而扩大工业机器人应用,这在一定程度上可能导致模型的内生性。本文借鉴Liang *et al.*^[8]、聂飞等^[11]的研究,选取美国工业机器人渗透度(*lnexposure_us*)作为工具变量。由表3可知,该工具变量的F检验、LM统计量均通过了检验,且由列(2)知,工业机器人渗透度的系数在5%的水平下显著为正,表明工业机器人应用有利于促进企业绿色创新结论稳健。

第二,替换重要变量。一是替换被解释变量,企业过高的自引率将影响到数据的有效性,为此本文使用剔除自引后的绿色专利被引次数(*GIT2*)进行检验,结果见表4的列(1)。二是替换核心解释变量,大量学者将机器人一词纳入表征企业数字化转型程度的词库中,由表4的列(2)可知,工业机器人渗透度的系数在1%的水平下显著为正,表明工业机器人渗透度与企业数字化转型程度呈正相关关系。基于此,借鉴吴非等^[33]的做法,本文采用企业数字化转型程度(*Dig*)替代工业机器人渗透度,结果见表4的列(3)。三是为避免回归结果受共线性的影响,对控制变量进行滞后一期处理,结果见表4的列(4)。综上,由表4的列(1)至列(4)可知,无论采用哪种方法替换变量,结果均说明工业机器人应用能显著促进企业绿色创新。

第三,增加固定效应。为削减行业与地区带来的异质性影响,本文在控制企业、时间固定效应的基础上增加了对行业及地区的固定效应,结果见表4的列(5),工业机器人应用的系数在1%的水平下显著为正,验证了假说1a。

第四,改变样本容量。为避免样本选择带来的主观误差,本文通过调整样本年份,即去掉2011年和2019年,选择2012—2018年的样本数据进行检验。由表4中的列(6)可知,工业机器人渗透度的系数在1%的水平下显著为正,表明工业机器人应用与企业绿色创新的正向关系仍然成立。

表 3 内生性问题处理

变量	<i>lnexposure_us</i>	
	(1) 第一阶段	(2) 第二阶段
<i>lnexposure</i>	0. 004 ** (0. 002)	0. 776 ** (0. 343)
<i>constant</i>	0. 129 (0. 448)	-9. 329 *** (0. 837)
<i>controls</i>	YES	YES
<i>Firm/Year</i>	YES	YES
Obs	5 631	
LM	64. 524	
F	64. 813	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误;*Firm/Year*指同时控制企业和时间固定效应。

表 4 稳健性检验

变量	(1) <i>GIT2</i>	(2) <i>Dig</i>	(3) <i>GIT</i>	(4) <i>GIT</i>	(5) <i>GIT</i>	(6) <i>GIT</i>
<i>lnexposure</i>	0. 122 *** (0. 036)	0. 157 *** (0. 041)		0. 148 *** (0. 054)	0. 225 *** (0. 049)	0. 128 *** (0. 047)
<i>Dig</i>			0. 075 ** (0. 032)			0. 174 (0. 222)
<i>constant</i>	-1. 183 (0. 792)	-9. 361 *** (1. 200)	-9. 212 *** (1. 215)	-10. 248 *** (1. 463)	-10. 241 *** (1. 213)	-9. 197 *** (1. 351)

表 4(续)

变量	(1) <i>GIT2</i>	(2) <i>Dig</i>	(3) <i>GIT</i>	(4) <i>GIT</i>	(5) <i>GIT</i>	(6) <i>GIT</i>
<i>controls</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Firm/Year</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Ind/Region</i>	NO	NO	NO	NO	YES	NO
Obs	5 685	5 625	5 625	4 689	5 685	4 550
R-squared	0.184	0.287	0.281	0.260	0.292	0.257

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误;*Firm/Year*指同时控制企业和时间固定效应;*Ind/Region*指同时控制行业和地区固定效应。

(三) 异质性分析

第一,企业产权性质分组。由表5的列(1)和列(2)可知,非国有企业中工业机器人应用对绿色创新有显著正向影响,而在国有企业中并无显著影响。其原因可能在于,国有企业因受政府干预更倾向于遵循政府制定的投资目标并承担社会责任,在该情景下往往会被迫选择承担高风险的创新项目,致使国有企业经常出现创新效率低下的问题。相比之下,非国有企业的创新项目选择主要取决于自身高层管理者和控股股东的决策,再加上非国有企业追求资本效益,使其更有动力采用工业机器人促进绿色创新和实现绿色转型,这导致非国有企业相比于国有企业在绿色创新方面更具有活力^[34]。

第二,企业技术特征分组。本文将企业分为高科技企业和非高科技企业两组^①,由表5的列(3)和列(4)可知,高科技企业中工业机器人应用对绿色创新的促进作用在1%的水平下显著为正,而非高科技企业则在10%的水平下显著为正,这表明高科技企业进行绿色创新的能动性相较于非高科技企业更强。其原因可能在于,技术创新是高科技企业的核心竞争力,只有不断进行技术研发创新,企业才可以获取持续竞争优势。

第三,企业规模大小分组。本文将企业规模等于或低于均值的企业定义为小规模企业,其余为大规模企业,由表5的列(5)和列(6)可知,引入工业机器人更能促进大规模企业绿色创新。其原因在于,大规模企业本身资金实力强,拥有丰富的要素资源,能够投入更多的资金用于工业机器人引入与研发投入,进而促进绿色创新。同时,大规模企业通常拥有更强的技术吸收和集成能力,能够更快速地实现工业机器人技术与现有生产流程融合,从而提高生产效率和环境治理水平,促进企业绿色创新。

表 5 异质性检验

变量	企业产权性质		企业技术特征		企业规模大小	
	国有 (1)	非国有 (2)	高科技 (3)	非高科技 (4)	大规模 (5)	小规模 (6)
<i>lnexposure</i>	0.084 (0.057)	0.262 *** (0.058)	0.174 *** (0.046)	0.258 * (0.145)	0.183 *** (0.057)	0.092 (0.066)
<i>constant</i>	-8.773 *** (1.706)	-10.530 *** (1.718)	-9.595 *** (1.248)	-8.222 ** (3.656)	-10.655 *** (2.149)	-7.429 *** (1.935)
<i>controls</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Firm/Year</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Obs	2 368	3 317	4 794	931	2 520	3 165
R-squared	0.316	0.275	0.315 0	0.150	0.338	0.150
Suest	Chi ² (1) = 72.30 Prob > Chi ² = 0.000		Chi ² (1) = 16.75 Prob > Chi ² = 0.001		Chi ² (1) = 56.66 Prob > Chi ² = 0.000	

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误;*Firm/Year*指同时控制企业和时间固定效应。

①OECD规定的制造业高科技行业包括C25、C26、C27、C28、C29、C31、C32、C34、C35、C36、C37、C38、C39、C40和C41。

五、作用路径检验

为刻画工业机器人应用影响企业绿色创新的作用路径,本文借鉴江艇^[35]的做法,在模型(1)的基础上进一步构建模型(2)进行实证检验。

$$Med_{e,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln exposure_{e,t} + \beta_2 X_{e,t} + \mu_e + \omega_t + \epsilon_{e,t} \quad (2)$$

其中,模型(2)中 Med 变量包括生产经营结构、绿色治理结构、研发投入结构与人力资本结构,其余变量同前文定义一致。

(一) 生产经营结构($Cost$)

由于企业生产经营结构优化在一定程度上可以体现为经营成本率的降低,故本文采用营业成本占营业收入的比值即经营成本率衡量企业的生产经营结构优化程度。该指标为负向指标,该数值越小则企业的生产经营结构越好。由表6中的列(1)可知,工业机器人渗透度的系数在1%的水平下显著为负,表明工业机器人应用可以帮助企业实现生产经营结构优化,进而促进企业绿色创新。

(二) 绿色治理结构(Edi)

本文采用环境信息披露质量测度绿色治理结构。首先,构建13项环境信息披露指标,其中包括6项货币性指标和7项非货币性指标,各指标分值在0至2之间;其次,两种信息共包含五个方面和25个评分项目,对这些项目的评分加总后取对数得到 Edi 。该指标越大说明环境信息披露水平越高,绿色治理结构也越好。由表6中的列(2)可知,工业机器人渗透度的系数在5%的水平下显著为正,表明工业机器人应用可以通过帮助企业实现绿色治理结构优化,进而促进企业绿色创新。

(三) 研发投入结构(RD 和 RDP)

本文采用研发投入占营业收入之比衡量企业研发资金投入结构(RD),采用研发人员数量占员工总数之比衡量企业研发人员投入结构(RDP)。由表6的列(3)和列(4)可知,列(3)中工业机器人渗透度的系数在1%的水平下显著为正,表明引入工业机器人会优化企业研发资金的投入结构;列(4)中工业机器人渗透度在10%的水平下显著为正,表明工业机器人会优化企业研发人员的投入结构。因此,工业机器人应用通过优化企业研发投入结构促进企业绿色创新。

(四) 人力资本结构($Lb1$ 和 $Lb2$)

借鉴郭金花和朱承亮^[27]的研究,本文采用本科学历以上的员工数量占比衡量人力资本知识结构,采用技术员工数量占比衡量人力资本技能结构。由表6的列(5)和列(6)可知,工业机器人渗透度的系数依次在10%和5%的水平下显著为正,表明工业机器人应用通过优化人力资本知识结构和技能结构实现企业整体人力资本结构的优化,进而促进企业绿色创新。综上所述,工业机器人应用通过优化企业生产经营结构、绿色治理结构、研发投入结构和人力资本结构促进企业绿色创新,即假设1b得证。

表6 作用路径检验

变量	生产经营结构	绿色治理结构	研发投入结构		人力资本结构	
	(1) $Cost$	(2) Edi	(3) RD	(4) RDP	(5) $Lb1$	(6) $Lb2$
$\ln exposure$	-0.042*** (0.010)	0.069** (0.034)	0.330*** (0.105)	0.093* (0.056)	0.006* (0.004)	0.020** (0.009)
$constant$	0.517 (0.335)	-3.359*** (0.947)	6.790 (5.406)	1.136 (1.526)	0.017 (0.158)	0.055 (0.252)
$controls$	YES	YES	YES	YES	YES	YES
$Firm/Year$	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Obs	5 685	5 425	5 685	4 745	5 273	5 179
R-squared	0.073	0.265	0.119	0.135	0.048	0.150

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误; $Firm/Year$ 指同时控制企业和时间固定效应。

六、调节效应检验

(一) 媒体关注的调节效应检验

本文构建模型(3)检验媒体关注对工业机器人应用与绿色创新的影响,具体如下:

$$GIT_{e,t} = a_0 + a_1 Media_{e,t} + a_2 lnexposure_{e,t} + a_3 lnexposure_{e,t} \times Media_{e,t} + X_{e,t} + \mu_e + \omega_t + \epsilon_{e,t} \quad (3)$$

其中, $Media_{e,t}$ 表示调节变量。以网络媒体与传统报刊关于公司的新闻报道数量之和加1的自然对数度量媒体关注($Media$),其余变量与前文一致。

结合表7的列(1)可知,媒体关注与工业机器人应用的交互项在5%的水平下显著为正,表明媒体关注度越高,工业机器人应用对企业绿色创新的促进作用越强,验证了假说2。进一步地,除媒体报道数量外,媒体语调展示了媒体报道时新闻文字中包含的乐观或悲观情绪。相对于正面的新媒体报道,负面报道会给企业绿色转型带来更明显的舆论与监督压力^[18]。为进一步揭示不同媒体情绪下工业机器人应用对企业绿色创新带来差异影响,本文按照媒体情绪将媒体报道分为正面报道(pM)、中性报道(zM)和负面报道(nM)三类分别检验,结果见表

7的列(2)至列(4)。正面报道与中性报道的各自交互项分别在10%和5%的水平下显著为正,负面报道的交互项不显著,表明正面报道和中性报道增强了工业机器人应用对绿色创新的促进作用。可能的原因在于,媒体正面报道和中性报道有助于增强企业社会公众中的声望和影响力,从而激励企业绿色创新的积极性;而负面报道可能会降低公众对企业的信任感和好感,损害企业形象,甚至导致品牌解约和合作停止等;同时,负面报道可能带来高管“短视”行为,减少企业研发资金投入和创新意愿,从而削弱工业机器人对企业绿色创新的促进作用。

(二) 进一步分析

第一,高管政治背景分组。若企业董事长或总经理现在或曾经在各地相关政府部门任职,则视为高管具有政治背景。由表8的列(1)和列(2)可知,相较于有政治背景的高管,无政治背景的高管所在企业中媒体关注对工业机器人应用与企业绿色创新的正向调节效应更显著。其原因可能在于,有政治背景的高管对企业技术创新或环境可持续性的决策行为更容易受到政治因素的影响而非外部媒体的舆论导向^[36]。相反,无政治背景的高管在决策时更加专注于企业内部的创新需求和市场竞争力提升,为利用媒体关注提升企业形象和增强品牌价值,其更有可能通过采纳工业机器人等新技术实现生产效率和绿色创新能力的提升。

第二,高管环保背景分组。参考王辉等^[37]的研究,若企业董事长或总经理个人简历中包含“环境”“环保”等关键词的样本,则认为高管具有环保背景。由表8中的列(3)和列(4)可知,相较于无环保背景的高管,有环保背景的高管所在企业中媒体关注对工业机器人应用与企业绿色创新的正向调

表7 媒体关注的调节机制检验

变量	(1) <i>GIT</i>	(2) <i>GIT</i>	(3) <i>GIT</i>	(4) <i>GIT</i>
<i>lnexposure</i>	0.155*** (0.039)	0.157*** (0.039)	0.154*** (0.039)	0.153*** (0.040)
<i>Media</i>	0.015 (0.020)			
<i>lnexposure × Media</i>	0.020** (0.010)			
<i>pM</i>		0.018 (0.020)		
<i>lnexposure × pM</i>		0.019* (0.010)		
<i>zM</i>			0.005 (0.017)	
<i>lnexposure × zM</i>			0.021** (0.010)	
<i>nM</i>				0.011 (0.017)
<i>lnexposure × nM</i>				0.011 (0.009)
<i>constant</i>	-9.363*** (1.193)	-9.308*** (1.198)	-9.358*** (1.191)	-9.369*** (1.194)
<i>controls</i>	YES	YES	YES	YES
<i>Firm/Year</i>	YES	YES	YES	YES
<i>Obs</i>	5 650	5 650	5 650	5 650
<i>R-squared</i>	0.284	0.284	0.284	0.283

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误;*Firm/Year*指同时控制企业和时间固定效应。

节效应更显著。其原因可能在于,媒体关注通常会增强企业对环境问题的敏感性,具有环保背景的高管往往更倾向于将环保理念融入企业核心战略,这可能会促使企业在受到媒体关注时更加积极地开展智能化和绿色化转型,实现环境与经济目标的协同增长^[37]。

七、结论与建议

本文采用中国制造业上市公司2011—2019年的数据,研究工业机器人应用、媒体关注对企业绿色创新的影响,得到以下结论:(1)工业机器人应用促进了企业绿色创新,进一步地,工业机器人的渗透度越高,企业的绿色创新积极性越强。异质性检验表明,在非国有、高科技

行业和规模较大的企业中,工业机器人应用对绿色创新存在显著促进作用。(2)工业机器人通过优化企业生产经营结构、绿色治理结构、研发资金与人员投入结构和人力资本知识与技能结构促进企业绿色创新。(3)媒体关注正向调节工业机器人应用对绿色创新的促进作用,区分媒体情绪发现,正面报道和中性报道使得工业机器人应用对绿色创新的促进作用明显。进一步分析发现,无政治背景高管和有环保背景高管所在企业中媒体关注对工业机器人应用与企业绿色创新的正向调节效应更明显。

综合以上研究结论,本文提出如下建议:(1)各地区应积极推进企业工业机器人应用、设立绿色创新奖励机制,对工业机器人渗透度高、绿色创新成果显著的企业给予政策奖励以激发企业绿色创新积极性。同时,不同类型企业应结合自身实际制定智能化发展和绿色创新战略。国有企业要勇挑重担,围绕事关国家安全和产业核心竞争力的重大战略任务,积极超前布局前沿技术和颠覆性技术,当好创新驱动发展的排头兵。非高科技企业要通过技术培训、政策扶持等手段降低企业工业机器人应用的门槛,加快推进其与工业机器人制造商和研发机构的合作,以发挥智能技术在绿色创新中的赋能作用。特别是对融资约束程度高和风险管控力弱的中小规模企业,政府应给予必要的税收优惠支持,鼓励其加快推进数字化转型、投资绿色创新项目。(2)企业应加强工业机器人等智能化技术与业务流程核心环节有机融合,充分发挥其在生产制造、运营管理、技术研发等各环节的绿色赋能效应。企业通过工业机器人规模化应用全面改造优化生产工艺流程,提高资源使用效率,提升企业环境信息披露质量并引导企业制定绿色治理优化方案。同时,要实施工业机器人研发投入优化计划,鼓励企业加大在环保技术和设备研发方面的绿色研发资金投入;企业要全面提升人力管理制度,招聘具有高知识储备的数字化人才,也要通过在职培训和岗位技能竞赛等方式,提升现有劳动力专业技能,为企业智能化升级及绿色研发创新储备人才。(3)网络媒体作为企业环境治理的外部监督者,应客观真实报道企业状况,充分利用新媒体等手段提高环境信息披露质量,营造良好的舆论和监督环境,避免出现“漂绿”行为,激励绿色创新发展。同时,企业应积极宣传绿色创新成果,提高产品和服务质量及可持续性,积极化解公众质疑,及时回应和处理负面报道,减少负面报道对企业绿色创新绩效的影响。此外,建议政府加强与企业高管和媒体的沟通与合作,提升工业机器人应用与企业绿色创新的认知度。

表8 进一步分析的检验结果

变量	高管政治背景		高管环保背景	
	有政治背景 (1)	无政治背景 (2)	有环保背景 (3)	无环保背景 (4)
<i>Media</i>	-0.049 (0.046)	0.030 (0.023)	-0.106** (0.044)	0.038* (0.022)
<i>lnexposure</i>	0.091 (0.091)	0.162*** (0.048)	0.035 (0.074)	0.184*** (0.047)
<i>lnexposure × Media</i>	0.001 (0.027)	0.029** (0.012)	0.025* (0.015)	0.017 (0.013)
<i>constant</i>	-10.216*** (2.522)	-8.438*** (1.216)	-20.064*** (3.496)	-8.981*** (1.302)
<i>controls</i>	YES	YES	YES	YES
<i>Firm/Year</i>	YES	YES	YES	YES
Obs	2 679	2 971	2 101	3 549
R-squared	0.260	0.270	0.330	0.265

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著,括号内为稳健标准误;*Firm/Year*指同时控制企业和时间固定效应。

参考文献:

- [1] 曹裕,李想,胡韩莉,等. 数字化如何推动制造企业绿色转型? ——资源编排理论视角下的探索性案例研究[J]. 管理世界, 2023,39(3): 96-112+126+113.
- [2] 杨光,侯钰. 工业机器人的使用、技术升级与经济增长[J]. 中国工业经济,2020(10):138-156.
- [3] 宋虹桥,张夏恒. 数字化赋能新质生产力的内在逻辑与实现路径[J]. 湖湘论坛,2024,37(3):48-63.
- [4] WANG J, WANG W, LIU Y, et al. Can industrial robots reduce carbon emissions? Based on the perspective of energy rebound effect and labor factor flow in China[J]. *Technology in society*, 2023,72:102208.
- [5] ZHANG Q, ZHANG F, MAI Q. Robot adoption and green productivity: curse or boon[J]. *Sustainable production and consumption*, 2022,34:1-11.
- [6] 占华,后梦婷,檀菲菲. 智能化发展对中国企业绿色创新的影响——基于新能源产业上市公司的证据[J]. 资源科学,2022,44(5): 984-993.
- [7] GAN J, LIU L, QIAO G, et al. The role of robot adoption in green innovation: evidence from China [J]. *Economic modelling*, 2023,119:106128.
- [8] LIANG L, LU L, SU L. The impact of industrial robot adoption on corporate green innovation in China [J]. *Scientific reports*, 2023,13(1): 18695.
- [9] LEE C C, QIN S, LI Y. Does industrial robot application promote green technology innovation in the manufacturing industry? [J]. *Technological forecasting and social change*, 2022,183: 121893.
- [10] YE Z, YANG J, ZHONG N, et al. Tackling environmental challenges in pollution controls using artificial intelligence: a review [J]. *Science of the total environment*, 2020, 699:134279.
- [11] 聂飞,胡华璐,李磊. 工业机器人何以促进绿色生产? ——来自中国微观企业的证据[J]. 产业经济研究, 2022(4): 1-14.
- [12] 赵莉,张玲. 媒体关注对企业绿色技术创新的影响:市场化水平的调节作用[J]. 管理评论,2020,32(9):132-141.
- [13] 尹美群,李文博. 网络媒体关注、审计质量与风险抑制——基于深圳主板 A 股上市公司的经验数据[J]. 审计与经济研究, 2018, 33(4): 24-33.
- [14] 何枫,刘贯春. 数字媒体信息传播与企业技术创新[J]. 数量经济技术经济研究,2022,39(12): 111-131.
- [15] 张岳,彭世广. 媒体关注与企业创新绩效[J]. 贵州财经大学学报, 2020(4): 29-39.
- [16] HEESE J, PÉREZ-CAVAZOS G, PETER C D. When the local newspaper leaves town: the effects of local newspaper closures on corporate misconduct[J]. *Journal of financial economics*,2022,145(2):445-463.
- [17] CAMPA P. Press and leaks: do newspapers reduce toxic emissions? [J]. *Journal of environmental economics and management*,2018, 91:184-202.
- [18] 阳镇,陈劲,凌鸿程. 媒体关注、环境政策不确定性与企业绿色技术创新——来自中国 A 股上市公司的经验证据[J]. 管理工程学报,2023,37(4):1-15.
- [19] 张玉明,邢超,张瑜. 媒体关注对重污染企业绿色技术创新的影响研究[J]. 管理学报,2021,18(4): 557-568.
- [20] LI Y, ZHANG Y, PAN A, et al. Carbon emission reduction effects of industrial robot applications: heterogeneity characteristics and influencing mechanisms[J]. *Technology in society*,2022,70: 102034.
- [21] WEI Z, SUN L. How to leverage manufacturing digitalization for green process innovation: an information processing perspective[J]. *Industrial management & data systems*,2021,121(5): 1026-1044.
- [22] 张明超,孙新波,王永霞. 数据赋能驱动精益生产创新内在机理的案例研究[J]. 南开管理评论,2021,24(3):102-116.
- [23] 田海峰,刘华军. 企业数字化转型与绿色创新的“双化协同”机制研究[J]. 产业经济研究,2023(6): 29-41+72.
- [24] 邓悦,蒋琬仪. 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.
- [25] 王永钦,董雯. 机器人的兴起如何影响中国劳动力市场? ——来自制造业上市公司的证据 [J]. 经济研究,2020, 55(10):159-175.

- [26] SJÖDIN D R, PARIDA V, LEKSELL M, et al. Smart factory implementation and process innovation: a preliminary maturity model for leveraging digitalization in manufacturing moving to smart factories presents specific challenges that can be addressed through a structured approach focused on people, processes, and technologies [J]. *Research-technology management*, 2018, 61(5): 22–31.
- [27] 郭金花,朱承亮. 数字化转型、人力资本结构调整与制造业企业价值链升级[J]. *经济管理*, 2024, 46(1): 47–67.
- [28] 周开国,应千伟,钟畅. 媒体监督能够起到外部治理的作用吗? ——来自中国上市公司违规的证据[J]. *金融研究*, 2016(6): 193–206.
- [29] 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.
- [30] 郭丰,杨上广,柴泽阳. 企业数字化转型促进了绿色技术创新的“增量提质”吗? ——基于中国上市公司年报的文本分析[J]. *南方经济*, 2023(2): 146–162.
- [31] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Robots and jobs: evidence from US labor markets [J]. *Journal of political economy*, 2020, 128(6): 2188–2244.
- [32] 谢雁翔,覃家琦,金振,等. 企业工业智能化与全要素生产率提升——基于制造业上市公司的经验证据[J]. *科学与科学技术管理*, 2023, 44(11): 148–165.
- [33] 吴非,胡慧芷,林慧妍,等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. *管理世界*, 2021, 37(7): 130–144+10.
- [34] 肖静,曾萍. 数字化能否实现企业绿色创新的“提质增量”? ——基于资源视角[J]. *科学学研究*, 2023, 41(5): 925–935+960.
- [35] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. *中国工业经济*, 2022(5): 100–120.
- [36] 宿晓,王豪峻. 高管海外背景、政治关联与企业对外直接投资决策——基于中国上市公司的实证分析[J]. *南京财经大学学报*, 2016(6): 63–73.
- [37] 王辉,林伟芬,谢锐. 高管环保背景与绿色投资者进入[J]. *数量经济技术经济研究*, 2022, 39(12): 173–194.

(责任编辑:刘淑浩;英文校对:谈书墨)

Industrial Robot Applications, Media Attention, and Corporate Green Innovation

GUO Jinhua^{1,2}, CHANG Shuaiwen², JIAO Jiao²

- (1. School of Economics, Central University of Finance and Economics, Beijing 102206, China;
2. School of Business Administration, Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Devoting attention to the green innovation enabling effect of industrial robot applications is an important issue related to the harmonious coexistence of manufacturing green transformation and economic development. Using data on listed companies in the manufacturing industry from 2011 to 2019, we explore the impact of industrial robot applications and media attention on corporate green innovation. The findings suggest that the application of industrial robots is conducive to promoting corporate green innovation, particularly in non-state-owned, high-tech, and large-scale enterprises. The action path test shows that the application of industrial robots can promote enterprise green innovation by optimizing enterprise production and operation, green governance, R&D investment, and human capital structures. The regulating mechanism test shows that the spotlight effect of media attention enhances the promotion of industrial robots' application on green innovation. Moreover, by distinguishing the characteristics of executives, it is found that media attention in enterprises of executives with no political background and an environmental protection background has a more significant positive moderating effect. This study offers important implications for enterprises to seize the development opportunity of intelligent manufacturing and leverage the media's impact on green innovation governance.

Key words: industrial robots; green innovation; media attention; executive background