

工业机器人应用如何影响企业内部控制质量?

倪静洁 郭檬楠

内容提要:本文采用2012—2019年中国工业机器人应用数据和制造业上市公司微观数据,借助巴蒂克工具变量思想,实证分析工业机器人应用对企业内部控制质量的影响。结果显示:工业机器人应用有助于提升企业内部控制质量;高素质员工雇佣规模、企业信息透明度和管理层代理成本在工业机器人应用提升企业内部控制质量的过程中发挥着多重中介效应;相对于国有企业,工业机器人应用对非国有企业内部控制质量的提升作用更明显,且地区市场化水平与工业机器人应用在提升企业内部控制质量方面具有替代效应。

关键词:工业机器人 内部控制质量 员工素质 信息透明度 代理成本

中图分类号:F424;F275

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2023)06-0019-19

一、问题提出

工业机器人作为人工智能在实体经济落地的重要载体,其应用有助于企业降低生产成本^[1]、提升人力资本水平^[2]、增强研发创新能力^[3-5]、实现绿色发展^[6]。可见,工业机器人已成为当下推动中国制造业智能化转型、经济高质量发展的重要引擎。然而,工业机器人等人工智能技术的应用也在一定程度上引发了企业管理效率与管理伦理之间的矛盾,对企业人机协调能力、决策准则等形成诸多挑战^[7],加剧了企业内部的不稳定性。

内部控制是企业全员参与的风险控制过程^[8]。2020年10月,《国务院关于进一步提高上市公司质量的意见》(国发〔2020〕14号)中强调,要“严格上市公司内控制度,加快推行内控规范体系,提升内控有效性”。可见,政府已将加强企业内部控制建设作为推动经济高质量发展的重要抓手。然而,2022年3月,财政部、中国证券监督管理委员会《关于进一步提升上市公司财务报告内部控制有效性的通知》(财会〔2022〕8号)中指出,上市公司依然存在对内部控制重视程度不够、内部控制缺陷标准不恰当等问题。在内部控制整合框架中,由基层管理者和一般员工组成的作业控制单元是内部控制工作的具体执行者^[8],其在内部控制中

收稿日期:2022-08-05;修回日期:2023-04-25

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目“管理体制变革、数智化赋能与国家审计促进国企高质量发展”(72102132);河南省高校人文社会科学研究一般项目“党组织参与治理与内部控制重大缺陷披露行为选择:多维效应与环境协同”(2023-ZZJH-178);山西省哲学社会科学规划课题“山西转型综改背景下国资国企改革成效及其提升路径研究”(2020YY090)

作者简介:倪静洁 河南科技大学商学院讲师,洛阳,471000;

郭檬楠 山西财经大学会计学院副教授,太原,030006。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

的作用已为理论界和实务界所关注^[9-12]。那么,工业机器人作为“人工智能员工”,是制造业企业智能化转型中作业控制的主体,其应用能否提升企业内部控制质量?若能够提升,其作用路径是什么?深入探究该问题对揭示工业机器人应用的微观治理效应、提高企业内部控制质量、增强制造业企业风险防控能力、推动制造强国战略实施,进而助推经济高质量发展具有重要的理论价值与实践意义。

二、文献综述

目前,与本文研究主题相关的文献可分为两类。一类文献着重考察工业机器人应用的经济后果。基于就业效应的研究认为,工业机器人应用对劳动力具有替代效应^[13]、创造效应^[14-15],或呈中性影响^[16]。一些学者进一步区分岗位性质,发现工业机器人可替代中低端技能岗位并与高技能劳动力形成优势互补^[17],引发员工工作不安全感^[18]、激发其自我成长需求^[19],进而提升人力资本水平^[2]、提高劳动生产率^[20]、优化劳动力结构^[21]、扩大劳动技能溢价^[22]、引发“就业极化”^[23]。基于人力资本和生产率提升效应的研究表明,工业机器人应用在微观层面上有助于企业降低生产成本^[1]、改善产品和服务质量^[24]、提高管理效率和数字化管理能力^[4]、提升盈利能力^[25]、带动研发创新^[3-5]、实现绿色发展^[6];在宏观层面上,工业机器人应用有助于优化产业结构^[26],改变区域间产业转移模式^[27],促进产业内包容性增长^[28],提升中国企业在全球价值链的位置^[29],提高全要素生产率、助推经济高质量发展^[30]。可见,对工业机器人应用经济后果的现有研究,从其对劳动力市场的直接影响,延伸到微观层面对企业运营管理的影响,最终扩展至宏观层面对产业结构、对外贸易以及经济发展的影响,但没有考虑其对企业内部控制质量的影响。作为“人工智能员工”,工业机器人是内部控制整合框架中作业控制的重要组成部分,在重塑企业业务流程的过程中,其应用必然促使内部控制产生全要素、系统性变革,进而影响实体经济的风险防控能力。因此,探究工业机器人应用对企业内部控制质量的影响,对于促进实体经济健康发展、推进制造强国战略实施具有重要意义。

另一类文献聚焦于内部控制质量的影响因素。既有研究首先关注企业自身特征,如企业规模^[31]、财务状况^[32]、业务复杂度^[33]、生命周期^[34]等对内部控制质量的影响;其次,着眼于公司治理层面,考察了股权结构^[31]、产权性质^[35]、管理层激励^[36]、员工激励^[10-12]、董事会内部控制专业胜任能力^[37]等内部治理因素,地区市场化水平^[35]、媒体关注^[38]、产品市场竞争^[39]、卖空机制^[40]、政府审计^[41]、社会审计^[42]、地区法制水平^[43]等外部治理机制对内部控制质量的影响;最后,基于文化和技术环境,剖析了儒家文化^[44]、信息技术^[45-49]等因素与内部控制质量的关系。综上,现有文献从企业内、外部视角,持续、深入地考察了内部控制质量的影响因素,但关于作业控制与内部控制质量关系的研究仅涉及人类员工,且信息技术对内部控制质量的影响多停留在理论探讨阶段。虽有少数学者提供了关于企业资源计划与财务报告内部控制^[47]、新一代数字技术与内部控制质量关系^[48-49]的经验证据,但这些研究或忽略了内部控制的整体性^[47],或笼统测度企业数字化水平^[48-49],因而难以为企业利用信息技术提高内部控制整体质量提供切实可行的思路。而工业机器人是人工智能技术的典型代表,考察其对内部控制质量的影响,有助于揭示信息技术对内部控制质量的影响机理,为企业利用新一代信息技术赋能风险防控提供明确指引。

基于上述讨论,本文采用国际机器人联合会公布的工业机器人数据和中国 A 股制造业上市公司微观数据,借鉴巴蒂克(Bartik)工具变量思想^[50],构建工业机器人渗透度指标,对工业机器人应用与企业内部控制质量的关系及其路径机理进行实证检验,并深入探析企业产权性质、地区市场化水平等内外部因素对两者关系的调节作用。

本文的边际贡献主要体现在:一是首次检验工业机器人应用与企业内部控制质量的关系,弥补了以往文献对其微观治理效应关注的不足,为工业机器人应用经济后果研究提供了新的视角;同时,以工业机器人应用为切入点,提供关于新一代信息技术与内部控制质量关系的经验证据,克服了既有两者关系研究的缺点,为企业扩大工业机器人应用、提升内部控制质量,政府支持企业智能化转型、促进经济高质量发展提供理论依据。二是探究工业机器人应用对企业内部控制质量的影响路径,这不仅深化了工业机器人应用的微观治理效应研究,也能够为企业提高员工素质和信息透明度、遏制管理层代理问题,进而强化自身内部控制建设提供有益启示。三是考察企业内外部因素对工业机器人应用与企业内部控制质量关系的调节作用,不但更为全面地揭示了两者之间的关系,更为政府制定差异化产业政策、有效引导企业发展智能制造提供了经验证据。

三、理论分析与研究假设

内部控制是由企业全体员工共同参与,旨在合理保证控制目标实现的风险控制过程。因而,内部控制质量的提升不仅离不开董事会、经理层的治理控制和管理控制,还有赖于作业控制中广大员工的共同参与。而工业机器人是“人工智能员工”,其应用在改变企业内部运作和生产经营模式的过程中^[7],对内部控制各要素带来巨大冲击,影响着内部控制质量。理论上,工业机器人应用既可能优化内部控制,也可能对其产生不利影响。

工业机器人应用对内部控制质量的积极影响体现在:

一是工业机器人应用有助于优化内部环境。内部环境包括治理机制设计、组织结构安排、人力资源管理、企业文化建设等多个方面,是企业实施内部控制的基础。首先,在工业机器人应用的人力资本提升效应影响下^[2],员工逐渐从生产指令的执行人成长为参与产品设计、生产运营的“管理者”,促使企业形成能够体现员工诉求、共同参与决策的治理机制^[51]。其次,工业机器人凭借其高效率、高精度、高稳定性和高危环境作业的优势,将蓝领从繁杂的劳动中解脱出来,并减少了企业对从事程式化工作的白领的需求^[22],从而有效缓解劳资纠纷、消除组织中的冗余层级,有利于改善雇佣关系、优化组织结构^[52]。最后,工业机器人应用引发了企业对高素质员工的需求^[22],人力资源部门为稳定员工队伍、减轻裁员压力、控制招聘成本,加大对员工培训的力度,而员工为避免被机器所替代、获得高技能溢价,会增强主动学习的意愿^[16],从而有助于改进企业人力资源管理、营造积极向上的企业文化。可见,工业机器人应用能优化内部环境,为合理设计、有效运行内部控制奠定了良好基础,有利于内部控制质量的提升。

二是工业机器人应用可以增强风险评估能力。风险评估是控制活动的前提,企业能否及时识别、系统分析、合理应对影响内部控制目标实现的各种风险,与其是否拥有专业的风险评估团队、先进的风险评估技术和充裕的资金息息相关。作为工业自动化水平的最高体现^[51],工业机器人应用首先提高了企业盈利能力^[25],为提升风险评估能力提供物质保障,降低了内部控制缺陷发生的概率^[53]。其次,工业机器人应用产生的劳动力替代效应和创造效应促使员工积极提升自身素质^[22],增强识别和评价与自身职位相关的内、外部风险因素的能力,有利于企业吸收专业人员,形成高质量风险评估团队,为提高风险评估能力提供人才支撑。最后,作为人工智能落地的重要场景,工业机器人应用的知识溢出效应有助于企业提高数字化管理能力和技术创新水平^[4],便于企业利用数字技术持续收集、全面分析多源数据,建立风险预测模型,适时调整风险应对策略,为风险评估能力的提升提供技术支持。由此可见,工业机器人应用在财力、人力、技术等方

面为风险评估能力的提升提供支持,有助于提高内部控制质量。

三是工业机器人应用可以提高和改善控制活动的效率和效果。控制活动是企业根据风险评估结果,综合自动控制、手工控制、预防性控制、发现性控制等措施将风险控制在可接受水平。工业机器人作为人工智能的集中体现^[26],其应用不但有助于生产过程实现自主检测、自主诊断和自动控制,并通过深度学习产生精准的数字化模型,使得企业能够在更高认知水平上应对甚至预测风险,提高了自动控制、预防性控制的效率和效果。工业机器人应用对中低端技能岗位的替代效应不仅减少了人为失误或错误,还促使员工转向更具挑战性、灵活性的管理创新或技术研发等工作^[22],有助于提高与改善手工控制、预防性控制及发现性控制的效率与效果。与此同时,工业机器人通过深度学习等建立起的智能模型能够帮助管理人员更好地识别、分析和应对复杂风险,避免模糊判断、做出最优决策,指导企业高效开展控制活动^[7]。由此可见,工业机器人应用有助于提高和改善控制活动的效率和效果,进而提升内部控制质量。

四是工业机器人应用有利于提高信息与沟通的有效性。信息与沟通是连接内部控制其他四要素的纽带^[54],其目的在于确保企业内部、企业与外部的信息沟通。从企业内部的信息沟通来看,工业机器人应用消除了组织中的冗余层级,促使组织结构日趋扁平化、网络化^[52],缩短了信息传递链条、减少了信息失真,提高了企业内部的沟通与协作效率;从企业与外部环境的信息沟通来看,工业机器人应用提高了企业对网络链接、大数据、人工智能等技术的应用水平^[4],有助于企业实时感知外部环境、扩大信息收集范围、提高信息传递和处理效率。从企业内、外部信息整合来看,工业机器人应用有助于对已有信息进行分组整理^[55],实现高质量信息和隐性知识的快速扩散,提高内、外部信息整合效率^[5]。由此可见,工业机器人应用可以提高信息与沟通有效性,助力内部控制各要素间的协调配合,提高内部控制质量。

五是工业机器人应用有助于强化内部监督。内部监督是企业对内部控制的设计与运行情况进行监督检查,以及时发现并整改内部控制缺陷。工业机器人应用有助于增强企业识别、整改内部控制缺陷的动力和能力,具体表现为:一方面,作为人工智能技术的集中体现,工业机器人应用提高了产品与服务质量^[24],有助于树立企业品牌形象^[1],进而促使管理层为维护企业及自身声誉更加勤谨地工作,在内部监督中认真履职,发现并整改内部控制缺陷的动力有所提升;另一方面,在工业机器人应用的人力资本提升效应影响下^[2],董事会、经理层乃至全体员工可凭借其扎实的专业知识、丰富的管理经验对内部控制中存在的缺陷进行实时、正确的判断,以及及时、有效的整改^[56],从而增强企业发现并整改内部控制缺陷的能力。由此可见,工业机器人应用增大了企业发现并有效整改内部控制缺陷的可能性,强化了内部监督效能,促进内部控制质量整体提升。

然而,工业机器人应用引发的劳动力结构变化、组织方式调整、技术升级换代可能为企业带来新的、难以应对的风险,对内部控制质量产生消极影响,主要表现为:

一是工业机器人应用导致内部环境更为复杂。从工业机器人可编程、拟人化、通用性的技术特点来看,其应用不仅提高了大规模、标准化作业的生产效率,亦可满足小批量、多品种、定制化生产的需要。因而,为适应不同的生产方式,企业组织结构逐渐由金字塔式转变为前端小团队、后端大平台的模式。企业组织结构日趋扁平化、组织边界日益模糊化^[52],导致权力分散、权责关系不明确、组织灵活性与可控性冲突加剧,加大了管理难度^[45]。从工业机器人的替代效应来看,“机器换人”引发员工工作不安全感^[18],导致员工的负面情绪积聚、工作满意度下降,降低了员工的组织认同感,可能引发组织报复行为^[57],破坏了组织凝聚力。可见,工业机器人应用导致内部环境复杂多变,降低了内部控制质量。

二是工业机器人应用提高了风险评估难度。工业机器人应用在推动人机物协同智造的同时,为企业带来了更加复杂多样的风险。具体而言,一方面,除传统的风险因素外,工业机器人应用导致的人力资本技术鸿沟^[58]、人机协同决策中的权责分配^[59]、管理效率评价中的算法偏见与机械化^[60]等问题扩大了风险评估的边界;另一方面,为更好地识别、评价和应对工业机器人应用引发的新风险,企业还需要设计适应人工智能风险评估的技术和方法,这加大了风险评估的技术复杂度。因此,工业机器人应用大大增加了风险评估的难度,不利于内部控制质量的提高。

三是工业机器人应用提高了控制活动复杂度。工业机器人应用导致生产环境和任务更加复杂^[2],进而影响控制活动理念、内容以及方式方法。在控制活动理念上,一方面,工业机器人应用提高了生产智能化和管理数字化水平^[4],使最优决策成为可能^[7],更强调目标达成的可控性;另一方面,其应用的人力资本提升效应提高了企业知识型员工占比,控制活动不能再以简单的命令式、强制性为主,而应以更尊重个人发展、适应外部动态环境的灵活性原则为上。因此,如何在效率和灵活性之间进行平衡是控制活动亟待解决的基础性问题。在控制活动内容与方式方法上,工业机器人应用使得人工智能技术本身成为控制内容的一部分,且随着人工智能技术的更新迭代,企业生产运营流程不断变化,新的控制风险层出不穷,需要企业不断更新控制点、改进控制活动方式方法^[49]。可见,工业机器人应用会引发控制活动理念变革、增加新的风险点,致使控制活动更为复杂,不利于内部控制质量提升。

四是工业机器人应用对信息与沟通提出了更大挑战。工业机器人主要由减速器、伺服系统和控制器构成,其应用离不开数据采集模型、运行路径优化和工业大数据支持。从物理制造层来看,工业机器人运行需要通过各类传感器和无线网络实现数据的互联、互感,封装、调用,确保其高效率、高精度工作;扩展到生产运营管理中,信息系统需要将各模块、多系统的多源异构数据进行整合,转换成可由工业机器人执行的生产指令。可见,工业机器人应用促使企业生产管理中的数据呈现规模化、多尺度、高速传输的特性,因而对企业信息技术提出了更高要求^[61]。与此同时,多系统、多网络间的数据传递导致信息被篡改、被窃取的概率加大,单点的信息安全问题可能累及整个企业^[49],给企业带来了更大的信息安全问题。由此可见,工业机器人应用打破了信息与沟通中原有的效率与安全平衡,不利于内部控制质量的提升。

五是工业机器人应用导致内部监督难度更大。工业机器人应用给企业带来新的内部监督问题,加大了内部监督难度。具体表现为:一方面,工业机器人的使用、维护与再开发需要掌握编程技术、数据分析技术的专业人员^[26],但根据2017年教育部等三部门联合发布的《制造业人才发展规划指南》,预计到2025年中国高档数控机床和机器人领域人才缺口将达到450万人,可见,企业缺乏与工业机器人应用相关的内部监督人才;另一方面,工业机器人应用促使智能技术融入生产运营各个环节^[4],为将内部监督程序嵌入经智能技术赋能的业务流程中,企业需要对人工智能技术的开发、应用、维护全过程进行监督,扩大了内部监督范围。因而,在存在较大人才缺口的情况下,工业机器人应用引发的内部监督范围扩大导致内部监督难上加难,不利于内部控制质量提升。

综上,工业机器人应用对企业内部控制质量的影响存在争议,需要进行实证检验。为此,本文提出如下竞争性假设:

H1a:工业机器人应用会显著提高内部控制质量。

H1b:工业机器人应用会显著降低内部控制质量。

四、研究设计

(一) 样本选择与数据来源

本文以2012—2019年中国A股制造业上市公司为初始样本,剔除ST类公司和主要财务数据缺失的公司,最终得到9426个有效观测值。所用工业机器人数据来自国际机器人联合会,中国上市公司内部控制质量数据来自迪博(DIB)内部控制与风险管理数据库,制造业员工数据取自万得(Wind)数据库,其他财务数据来自国泰安中国经济金融数据库(CSMAR),制造业行业细分至大类(二位数行业代码),参照王永钦和董雯(2020)^[23]的做法,根据《GB/T 4754—2011 国民经济行业分类与代码》和《所有经济活动的国际标准行业分类(第四版)》将制造业上市公司所在大类行业与国际机器人联合会公布的工业机器人数据进行匹配。为消除极端值的影响,对所有连续变量进行了1%和99%分位点的缩尾处理。

(二) 变量定义

1. 被解释变量

内部控制质量(IC)。本文以迪博大数据研究中心发布的上市公司内部控制指数测度内部控制质量,借鉴周卫华和刘一霖(2022)^[48]的做法,将该指数除以100,用IC表示。该值越大,说明企业内部控制质量越高。

2. 解释变量

工业机器人渗透度(Robot)。借鉴王永钦和董雯(2020)^[23]的研究,根据巴蒂克工具变量思想^[50]构造中国制造业上市公司工业机器人渗透度指标。具体步骤为:

第一步,计算行业层面工业机器人渗透度(IR): $IR_{jt} = SR_{jt} / L_{j,t=2011}$ 。其中, IR_{jt} 表示j行业t年的工业机器人渗透度, SR_{jt} 表示j行业t年的工业机器人存量, $L_{j,t=2011}$ 表示j行业2011年(基期)的员工人数。

第二步,计算企业层面工业机器人渗透度(CR): $CR_{ijt} = (W_{ijt=2012} / ManuW_{t=2012}) \times IR_{jt}$ 。其中, CR_{ijt} 表示j行业i企业t年的工业机器人渗透度, $W_{ijt=2012} / ManuW_{t=2012}$ 为j行业i企业2012年(基期)生产部门员工占比与制造业所有企业2012年生产部门员工占比中位数的比值。为尽可能消除异方差的影响,将 CR_{ijt} 加1后取对数,得到本文的核心解释变量——工业机器人渗透度(Robot)。该指标反映工业机器人行业技术特征变化,与企业自身特征无关。

3. 控制变量

借鉴周卫华和刘一霖(2022)^[48]的研究,在模型中控制了公司规模(Size)、公司年龄(Age)、存货比例(Inventory)、偿债能力(Lev)、盈利能力(ROA)、成长能力(Growth)等公司特征变量,两职合一(Dual)、独立董事占比(Indr)、股权制衡度(EBR)等治理特征变量,以及是否发生并购(M&A)、审计师类型(Big10)等影响内部控制质量的其他因素。控制变量定义见表1。

表1 控制变量定义

变量名称	变量符号	计算方法
公司规模	Size	$\ln(\text{资产总计}+1)$
公司年龄	Age	$\ln(\text{观测年份}-\text{成立年份}+1)$
存货比例	Inventory	存货净额/资产总计
偿债能力	Lev	负债合计/资产总计
盈利能力	ROA	总资产净利润率

表1(续)

变量名称	变量符号	计算方法
成长能力	<i>Growth</i>	营业收入增长率
两职合一	<i>Dual</i>	CEO 兼任董事长赋值为 1, 否则为 0
独立董事占比	<i>Indr</i>	独立董事人数/董事人数
股权制衡度	<i>EBR</i>	公司第一大股东持股比例/公司第二大股东至第十大股东持股比例之和
是否发生并购	<i>M&A</i>	观测年度存在并购活动赋值为 1, 否则为 0
审计师类型	<i>Big10</i>	观测年度由国内十大会计师事务所审计赋值为 1, 否则为 0

(三) 模型构建

为验证工业机器人应用对企业内部控制质量的影响,本文构建模型(1):

$$IC_{ij,t+1} = \alpha_0 + \alpha_1 Robot_{ijt} + \alpha_2 Controls_{ijt} + year_t + ind_j + area_i + \varepsilon_{ijt} \tag{1}$$

模型(1)中,*Controls_{ijt}*代表控制变量;*year_t*为时间固定效应,*ind_j*为行业固定效应,*area_i*为地区固定效应。为避免反向因果内生性问题对研究结论的干扰,借鉴倪静洁和吴秋生(2020)^[54]的研究,模型中以*t+1*期的*IC*作为被解释变量。 α_1 是本文关注的核心系数,若 α_1 显著为正,则假设H1a得到验证;若 α_1 显著为负,则假设H1b得到验证。

五、实证结果

(一) 描述性统计

表2报告了主要变量的描述性统计结果,可以看出:研究样本中内部控制质量(*IC_{t+1}*)的均值为6.3466,中位数为6.5917,两者差异较小,基本呈正态分布;最大值为8.1483,最小值为0.0000,标准差为1.2344,表明研究样本内部控制质量差异较大,因而研究企业内部控制质量的影响因素具有重要的现实意义。工业机器人渗透度(*Robot*)最大值为4.4386,最小值为0.0000,标准差为0.9976,表明研究样本工业机器人渗透度差异较大,其主要原因是中国制造业各大类行业技术特征迥异。控制变量中除公司规模(*Size*)、股权制衡度(*EBR*)外,其他变量的均值和中位数相差较小,基本呈正态分布。

表2 主要变量描述性统计结果

变量	样本量	均值	标准差	1/4分位数	1/2分位数	3/4分位数	最小值	最大值
<i>IC_{t+1}</i>	9 426	6.346 6	1.234 4	6.147 6	6.591 7	6.938 0	0.000 0	8.148 3
<i>Robot</i>	9 426	0.612 7	0.997 6	0.003 4	0.154 8	0.711 2	0.000 0	4.438 6
<i>Size</i>	9 426	22.037 7	1.133 4	21.223 7	21.891 5	22.677 6	19.865 7	25.401 8
<i>Age</i>	9 426	2.895 9	0.275 6	2.708 1	2.890 4	3.091 0	1.386 3	3.555 3
<i>Inventory</i>	9 426	0.138 7	0.088 0	0.078 5	0.119 0	0.174 2	0.015 3	0.486 1
<i>Lev</i>	9 426	0.390 3	0.190 2	0.236 1	0.378 9	0.530 2	0.053 0	0.883 3
<i>ROA</i>	9 426	0.041 5	0.054 8	0.014 2	0.037 3	0.068 7	-0.251 2	0.197 9
<i>Growth</i>	9 426	0.259 4	0.568 2	-0.024 0	0.129 9	0.360 7	-0.669 4	3.462 1
<i>Dual</i>	9 426	0.301 5	0.458 9	0.000 0	0.000 0	1.000 0	0.000 0	1.000 0

表2(续)

变量	样本量	均值	标准差	1/4分位数	1/2分位数	3/4分位数	最小值	最大值
<i>Indr</i>	9 426	0.374 8	0.053 3	0.333 3	0.333 3	0.428 6	0.333 3	0.571 4
<i>EBR</i>	9 426	2.410 4	3.011 4	0.779 0	1.354 2	2.621 7	0.236 8	18.968 0
<i>M&A</i>	9 426	0.795 5	0.403 4	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.000 0	1.000 0
<i>Big10</i>	9 426	0.000 6	0.025 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	1.000 0

(二) 基准回归结果与分析

表3报告了基准回归结果^①。如表3列(1)所示,工业机器人渗透度(*Robot*)的回归系数(0.059 4)在1%水平上显著为正;列(2)至列(5)为逐步加入控制变量、时间固定效应、行业固定效应以及地区固定效应的回归结果;此外,考虑到异方差等对估计结果的影响,列(6)采用稳健性标准误与前述回归结果对照。各列回归结果均显示:工业机器人渗透度(*Robot*)的回归系数在1%水平上显著为正,说明工业机器人应用有利于提升企业内部控制质量,且这一结论相对稳健,验证了假设H1a。

表3 基准回归结果

变量	IC_{t+1}					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Robot</i>	0.059 4*** (4.66)	0.066 9*** (4.97)	0.068 2*** (5.07)	0.064 8*** (3.55)	0.072 3*** (3.95)	0.072 3*** (3.82)
<i>Size</i>		0.069 1*** (4.92)	0.069 7*** (4.96)	0.076 5*** (5.10)	0.067 4*** (4.48)	0.067 4*** (4.00)
<i>Age</i>		-0.183 9*** (-4.04)	-0.158 1*** (-3.37)	-0.140 9*** (-2.96)	-0.137 5*** (-2.85)	-0.137 5*** (-2.94)
<i>Inventory</i>		0.580 9*** (4.04)	0.593 7*** (4.14)	0.546 9*** (3.60)	0.498 2*** (3.27)	0.498 2*** (2.79)
<i>Lev</i>		-0.356 6*** (-4.16)	-0.350 4*** (-4.09)	-0.360 8*** (-4.15)	-0.324 4*** (-3.73)	-0.324 4*** (-3.24)
<i>ROA</i>		5.165 4*** (20.87)	5.287 8*** (21.40)	5.355 9*** (21.40)	5.179 5*** (20.65)	5.179 5*** (14.71)
<i>Growth</i>		0.053 5** (2.47)	0.050 8** (2.34)	0.042 7* (1.94)	0.051 8** (2.34)	0.051 8** (2.04)
<i>Dual</i>		-0.010 4 (-0.38)	-0.005 6 (-0.20)	-0.011 5 (-0.42)	-0.012 6 (-0.46)	-0.012 6 (-0.45)
<i>Indr</i>		0.510 7** (2.19)	0.517 0** (2.23)	0.460 8** (1.98)	0.419 1* (1.80)	0.419 1* (1.87)
<i>EBR</i>		0.007 9* (1.89)	0.006 9 (1.64)	0.007 9* (1.87)	0.010 7** (2.52)	0.010 7** (2.36)

① 在进行基准回归前,对进入模型的所有解释变量和控制变量进行了方差膨胀因子(VIF)诊断,结果显示各变量VIF最大值为1.77,VIF平均值为1.18,说明各变量之间不存在多重共线性。

表3(续)

变量	IC _{t+1}					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
M&A		-0.079 0*** (-2.57)	-0.094 2*** (-3.06)	-0.104 3*** (-3.38)	-0.098 4*** (-3.20)	-0.098 4*** (-3.49)
Big10		0.103 1 (0.21)	-0.052 3 (-0.11)	-0.060 2 (-0.12)	-0.132 0 (-0.27)	-0.132 0 (-0.68)
常数项	6.310 3*** (423.38)	5.000 2*** (15.44)	4.981 3*** (15.31)	4.722 1*** (13.35)	5.054 1*** (13.95)	5.054 1*** (13.09)
year	未控制	未控制	控制	控制	控制	控制
ind	未控制	未控制	未控制	控制	控制	控制
area	未控制	未控制	未控制	未控制	控制	控制
N	9 426	9 426	9 426	9 426	9 426	9 426
R ²	0.002 3	0.070 2	0.077 7	0.082 5	0.097 5	0.097 5
$\overline{R^2}$	0.002 2	0.069 1	0.076 0	0.079 4	0.091 5	
F	21.738 4	59.260 1	46.631 9	26.408 8	16.312 4	9.103 3

注:列(1)为基准回归结果,列(2)—列(5)为逐步加入控制变量、时间固定效应、行业固定效应以及地区固定效应的回归结果,列(6)采用稳健性标准误计算结果。***、**、* 分别代表在 1%、5%、10%水平上显著,括号内为 *t* 值。后表同。

(三) 稳健性检验

1. 修正被解释变量

迪博内部控制指数具有明显的“光环效应”,即公司绩效越好,分值越高。为去除该效应对研究结论的干扰,借鉴郭阳生等(2018)^[42]的研究,对该指数进行修正^①,并以修正后的内部控制指数(IC_{adj})作为被解释变量参与模型(1)的回归。回归结果(因篇幅所限不再详细报告)显示,主要结论并未发生变化。

2. 变换控制变量

以净资产收益率(ROE)替换总资产净利润率(ROA)、以国际四大会计师事务所(Big4)替换国内十大会计师事务所(Big10),并加入董事会规模(Board)、机构投资者持股比例(Ins)、高管持股比例(Man)、破产风险(Z),回归结果(因篇幅所限不再详细报告)与基准回归结果基本一致。

3. 内生性问题

一方面,本文的研究结论可能存在由反向因果带来的内生性问题,如内部控制质量较高的企业本身风险抵御能力较强,在国家大力推动智能制造的背景下,这类企业更有信心应对智能化带来的风险,因而大规模投资并使用工业机器人。另一方面,本文的研究结论还可能受到遗漏变量等内生性问题的干扰,如信息化基础好的企业能够更好地将新一代信息技术与制造过程融合,大规模应用工业机器人开展生产活动,同时也有能力利用信息技术建立健全内部控制并实施有效监督,因而内部控制质量相对较高。考虑到上述内生性问题,尽管模型(1)中设定滞后一期解释变量并控制了一系列影响内部控制质量的因素,但为了尽可能缓解内生性问题,本文借鉴王永钦和董雯(2020)^[23]的研究,利用美国工业机器人数据构造工具变量(Robot_IV),采用两阶

^① 具体修正方法为:在控制年份、行业以及地区固定效应的基础上,将迪博内部控制指数与衡量公司绩效的净资产收益率(ROE)进行回归,所得残差即为剥离公司绩效的内部控制指数(IC_{adj})。

段最小二乘(2SLS)法进行检验。选取美国工业机器人数据构造工具变量的原因在于:尽管美国工业机器人应用水平高于中国,但其发展趋势不仅能反映行业技术进步特征,而且与中国工业机器人产业发展走向趋同,因而满足相关性要求;同时,美国工业机器人应用不会影响中国上市公司内部控制质量,因而满足外生性要求。工具变量适用性检验结果显示:K-P rk LM 统计量为 890.502, P 值为 0.000 0,拒绝了工具变量不可识别的原假设;K-P rk Wald F 统计量为 4 449.008, P 值为 0.000 0,拒绝了存在弱工具变量的假设,表明工具变量的选择是合理的。

内生性检验结果显示:第一阶段回归中,工具变量($Robot_IV$)与工业机器人渗透度($Robot$)的回归系数(2.989 3)在 1%水平上显著正相关;第二阶段回归结果显示工业机器人渗透度($Robot$)与内部控制质量(IC_{t+1})的回归系数(0.101 6)在 1%水平上显著正相关,表明在考虑了上述内生性问题后,本文的研究结论依然成立。

六、传导路径分析

前文研究结果表明,工业机器人应用有助于提高企业内部控制质量。而工业机器人作为“人工智能员工”,从表面来看,仅涉及作业控制,那么其提升企业内部控制质量的具体路径是什么?回答该问题有助于深刻理解工业机器人应用的微观治理效应,打开工业机器人应用与企业内部控制质量关系的黑箱。因此,下文将重点考察工业机器人应用提升企业内部控制质量的路径机理。

(一) 路径机理分析

首先,根据资源配置理论,企业资源间的相互配合符合其生产实践的具体情境时,企业能够形成独特的竞争力^[62]。因此,工业机器人应用作为复杂技术和资本性投入,其对内部控制质量的积极影响离不开劳动力等生产要素的协调配合。具体而言,工业机器人应用的人力资本提升效应促使企业中具备复杂分析能力和强社会互动能力的高素质员工越来越多^[2],员工的平均技能水平、知识储备、学习能力均有所提高,员工间的认知差异越来越小。因此,员工对内部控制规范和人工智能技术的领悟力增强、信息获取与鉴别能力提高、参与监督的意愿提升、更有能力识别和修复与自身岗位相关的内部控制缺陷,相互间信任程度提高、沟通成本降低,有助于优化内部环境、提高风险评估能力和控制活动效率、增进企业内外部信息与沟通、改进内部监督,从而提升了内部控制质量。基于此,本文预期工业机器人应用通过扩大高素质员工雇佣规模提升内部控制质量。

其次,已有研究表明企业信息透明度越高,内部控制存在缺陷的概率越小^[63],而信息透明度的高低与企业数字化经营水平息息相关^[64]。作为企业扩大产品与服务空间的数字技术^[14],工业机器人应用增强了生产端数据收集的精准性和及时性,提升了企业整体管理效率和数字管理能力^[4],有利于企业利用数字技术实现生产运营流程信息化,通过数据中台实时收集、传递、分析企业经营活动数据,提高企业信息透明度^[64],促使企业强化管控、减少内部控制缺陷并及时修复已存在的缺陷,进而提高内部控制质量。基于此,本文预期工业机器人应用通过增强企业信息透明度提升内部控制质量。

再次,管理层是内部控制设计和监督的重要主体,其在内部控制整合框架中处于承上启下的关键位置^[8],但普遍存在的管理层代理问题是影响管理控制质量的沉痾旧疾^[65]。而工业机器人应用一方面减少了组织中的冗余层级,促使组织结构扁平化^[52],信息传递链条缩短,管理层利己行为易被察觉,机会主义行为随之减少;另一方面,工业机器人应用有助于企业打造智能工厂的品牌形象^[1],管理层为维护企业及自身声

誉将更加勤勉地工作。可见,代理问题的缓解有助于管理层认真履责,持续优化内部控制制度设计与运行,不断提升内部控制质量。基于此,本文预期工业机器人应用通过降低管理层代理成本提升企业内部控制质量。

最后,高素质员工雇佣规模、企业信息透明度、管理层代理成本在工业机器人应用与企业内部控制质量的关系中不仅具有并行多重中介效应,还可能存在链式多重中介效应。具体而言,工业机器人应用扩大了企业高素质员工雇佣规模,这一方面降低了企业在信息收集、传递中发生错漏的概率,为企业利用数据中台整理和交换信息提供知识储备和技术支持^[4],通过增强企业信息透明度,提升内部控制质量;另一方面,由于高素质员工的职业道德标准和认知水平较高^[17],有意识且有能力识别企业运营中存在的异常现象,对管理层机会主义行为形成较大约束,因而能够在降低管理层代理成本的基础上提高内部控制质量。基于此,本文预期工业机器人应用在扩大企业高素质员工雇佣规模的基础上,进一步提高企业信息透明度、降低管理层代理成本,提升内部控制质量。

综上所述,本文认为高素质员工雇佣规模、企业信息透明度、管理层代理成本在工业机器人应用影响企业内部控制质量的过程中构成如图1所示的复合式多重中介模型^[66]。该模型既包括了由高素质员工雇佣规模、企业信息透明度、管理层代理成本三个同时起作用的中介变量所构成的并行多重中介模型,还包括“工业机器人应用—高素质员工雇佣规模—企业信息透明度—内部控制质量”和“工业机器人应用—高素质员工雇佣规模—管理层代理成本—内部控制质量”两个链式多重中介模型。下文将利用中介效应检验方法,对图1中的并行多重中介模型和链式多重中介模型进行验证。

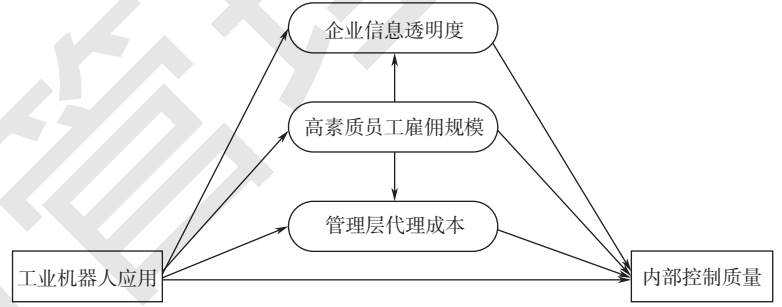


图1 复合式多重中介模型

(二) 路径机制检验

1. 并行多重中介效应检验

为验证上述推断,本文在模型(1)的基础上构建模型(2)和模型(3):

$$M_{ijt} = \theta_0 + \theta_1 Robot_{ijt} + \theta_2 Controls_{ijt} + year_t + ind_j + area_i + \varphi_{ijt} \quad (2)$$

$$IC_{ijt+1} = \gamma_0 + \gamma_1 Robot_{ijt} + \gamma_2 M_{ijt} + \gamma_3 Controls_{ijt} + year_t + ind_j + area_i + \omega_{ijt} \quad (3)$$

模型(2)和模型(3)中的 M_{ijt} 代表中介变量,包括高素质员工雇佣规模(Edu)、企业信息透明度(Res)和管理层代理成本(AC)。对于高素质员工雇佣规模(Edu),借鉴李舒沁等(2021)^[17]的做法,以上市公司本科及以上学历员工数量加1后取对数衡量,该指标越大,表明企业高素质员工雇佣规模越大。对于企业信息透明度(Res),借鉴黎文靖和孔东民(2013)^[67]的研究,采用修正的DD模型测度企业盈余管理水平,并以此衡量企业信息透明度(Res),该指标越大,表明企业信息透明度越低。对于管理层代理成本(AC),借鉴倪静洁和吴秋生(2020)^[54]的研究,以总资产周转率衡量,该指标越大,表明管理层代理成本越低。在上文实证结果的基础上,若模型(2)中的系数 θ_1 和模型(3)中的系数 γ_2 均显著,表明变量 M 是工业机器人应用影响企业内部控制质量

的中介因子;若模型(3)中的系数 γ_1 显著(不显著),表明变量 M 发挥了部分(完全)中介作用。

具体检验结果如表4所示,列(1)和列(2)为工业机器人应用、高素质员工雇佣规模对企业内部控制质量影响的回归结果。列(1)中工业机器人渗透度($Robot$)对高素质员工雇佣规模(Edu)的回归系数(0.074 6)在1%水平上显著为正,列(2)中高素质员工雇佣规模(Edu)对内部控制质量(IC_{t+1})的回归系数(0.039 4)在1%水平上显著为正,说明工业机器人应用通过扩大高素质员工雇佣规模提升企业内部控制质量;列(2)中工业机器人渗透度($Robot$)对内部控制质量(IC_{t+1})的回归系数(0.069 3)在1%水平上显著为正,其绝对值小于表3列(6)中工业机器人渗透度($Robot$)回归系数(0.072 3)的绝对值,表明高素质员工雇佣规模在工业机器人应用与企业内部控制质量之间发挥着部分中介效应。列(3)和列(4)为工业机器人应用、企业信息透明度对内部控制质量影响的回归结果。列(3)中工业机器人渗透度($Robot$)对企业信息透明度(Res)的回归系数(-0.002 3)在10%水平上显著为负,列(4)中工业机器人渗透度($Robot$)对内部控制质量(IC_{t+1})的回归系数(0.071 6)在1%水平上显著为正,企业信息透明度(Res)对内部控制质量(IC_{t+1})的回归系数(-0.277 1)在5%水平上显著为负,由于本文以反指标测度企业信息透明度(Res),因此,上述回归结果表明工业机器人应用通过增强企业信息透明度提升内部控制质量。列(5)和列(6)为工业机器人应用、管理层代理成本对内部控制质量影响的回归结果,其中,管理层代理成本(AC)为反指标,即该指标越大,管理层代理成本越低。同理,列(5)中工业机器人渗透度($Robot$)对管理层代理成本(AC)的回归系数(0.054 0)在1%水平上显著为正,列(6)中工业机器人渗透度($Robot$)、管理层代理成本(AC)对内部控制质量(IC_{t+1})的回归系数分别为0.050 8和0.397 1,且均在1%水平上显著为正,表明管理层代理成本是工业机器人应用影响企业内部控制质量的传导路径之一。

表4 并行多重中介模型检验结果

变量	$Robot \rightarrow Edu \rightarrow IC$		$Robot \rightarrow Res \rightarrow IC$		$Robot \rightarrow AC \rightarrow IC$	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$Robot$	0.074 6 *** (3.04)	0.069 3 *** (3.68)	-0.002 3 * (-1.72)	0.071 6 *** (3.79)	0.054 0 *** (11.12)	0.050 8 *** (2.69)
Edu		0.039 4 *** (4.38)				
Res				-0.277 1 ** (-2.11)		
AC						0.397 1 *** (9.08)
$Size$	0.809 0 *** (37.88)	0.035 5 * (1.94)	0.006 7 *** (5.37)	0.069 2 *** (4.08)	-0.028 4 *** (-6.46)	0.078 6 *** (4.70)
Age	-0.201 1 *** (-3.79)	-0.129 5 *** (-2.77)	0.013 1 *** (3.30)	-0.133 8 *** (-2.86)	0.046 3 *** (3.74)	-0.155 8 *** (-3.33)
$Inventory$	0.167 3 (0.80)	0.491 7 *** (2.75)	0.061 4 *** (4.95)	0.515 3 *** (2.87)	0.431 1 *** (9.78)	0.327 1 * (1.84)
Lev	0.354 8 *** (3.04)	-0.338 4 *** (-3.38)	-0.068 4 *** (-9.08)	-0.343 4 *** (-3.39)	0.435 9 *** (18.56)	-0.497 6 *** (-4.87)
ROA	2.231 3 *** (6.93)	5.091 6 *** (14.44)	0.175 6 *** (7.55)	5.228 2 *** (14.86)	1.737 8 *** (21.53)	4.489 4 *** (12.51)

表4(续)

变量	Robot→Edu→IC		Robot→Res→IC		Robot→AC→IC	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Growth	0.055 6 ** (2.02)	0.049 6 ** (1.96)	0.003 2 (1.64)	0.052 7 ** (2.08)	-0.081 4 *** (-14.24)	0.084 2 *** (3.29)
Dual	0.048 3 (1.47)	-0.014 5 (-0.52)	-0.006 1 *** (-2.68)	-0.014 3 (-0.51)	-0.042 7 *** (-6.09)	0.004 4 (0.16)
Indr	-0.939 9 *** (-3.09)	0.456 2 ** (2.03)	-0.011 0 (-0.57)	0.416 1 * (1.86)	-0.165 4 *** (-2.77)	0.484 8 ** (2.17)
EBR	-0.011 1 * (-1.71)	0.011 2 ** (2.46)	-0.000 8 ** (-2.40)	0.010 5 ** (2.32)	0.006 9 *** (5.29)	0.008 0 * (1.78)
M&A	0.016 5 (0.41)	-0.099 1 *** (-3.52)	-0.013 1 *** (-5.35)	-0.102 1 *** (-3.62)	-0.030 8 *** (-3.68)	-0.0862 *** (-3.07)
Big10	0.880 4 *** (3.73)	-0.166 7 (-0.85)	-0.040 6 (-1.01)	-0.143 3 (-0.73)	0.188 5 (1.25)	-0.206 9 (-0.88)
常数项	-11.360 9 *** (-22.60)	5.501 9 *** (13.86)	-0.170 8 *** (-5.80)	5.006 8 *** (12.89)	1.041 3 *** (10.51)	4.640 6 *** (12.06)
year	控制	控制	控制	控制	控制	控制
ind	控制	控制	控制	控制	控制	控制
area	控制	控制	控制	控制	控制	控制
N	9 426	9 426	9 426	9 426	9 426	9 426
R ²	0.35 26	0.099 6	0.038 5	0.097 9	0.277 4	0.106 8
F	103.608 9	9.104 7	5.376 1	8.976 8	53.654 5	10.527 8

注:列(1)、列(3)、列(5)分别为 Edu、Res、AC 的回归结果,列(2)、列(4)和列(6)均为 IC_{t+1} 的回归结果。

2. 链式多重中介效应检验

借鉴刘伟江等(2019)^[68]的研究,本部分对“工业机器人应用—高素质员工雇佣规模—企业信息透明度—内部控制质量”和“工业机器人应用—高素质员工雇佣规模—管理层代理成本—内部控制质量”的链式多重中介模型进行检验。根据中介效应分析方法,回归结果(限于篇幅不再具体展示)表明,工业机器人渗透度(Robot)通过扩大高素质员工雇佣规模(Edu)增强企业信息透明度(Res);进一步地,由回归结果可知,高素质员工雇佣规模(Edu)通过增强企业信息透明度(Res)提升内部控制质量(IC_{t+1})。同理,工业机器人渗透度(Robot)通过扩大高素质员工雇佣规模(Edu)降低管理层代理成本(AC);进一步地,高素质员工雇佣规模(Edu)通过降低管理层代理成本(AC)提升内部控制质量(IC_{t+1})。结合表3中列(6)的回归结果及上述分析可知,工业机器人应用在扩大企业高素质员工雇佣规模的基础上,进一步提高企业信息透明度、降低管理层代理成本,提升内部控制质量。

七、异质性分析

前文基于全样本的实证结果表明,工业机器人应用有助于提升企业内部控制质量,但考虑到不同内、外

部环境中,工业机器人应用对内部控制质量的影响可能存在非对称性,因此,本部分从企业自身微观特征和所处外部宏观环境出发,分别考察企业产权性质、地区市场化水平对工业机器人应用与内部控制质量关系的调节作用。

(一) 产权性质的调节作用

从企业内部来看,在公司治理结构与控制系统的形成和发展过程中,不同产权性质的实际控制人发挥着举足轻重的作用,因而产权性质是研究中国企业治理与管理问题时需要特别关注的因素。对于国有企业而言,由于代理链条相对较长,因而管理层代理问题严重^[35],导致工业机器人应用难以有效缓解代理冲突,对内部控制质量的提升作用有限。非国有企业需要自担经营风险,高管的风险管理意识较强^[35],能够主动建立健全公司治理、优化控制环境,对可能存在的风险点实施动态监控,通过优化内部控制有效应对风险;且非国有企业用工制度更为灵活^[23],较低的裁员成本有利于发挥工业机器人应用对中高端劳动力的替代作用,加大高素质员工雇佣比例,有利于内部控制体系的建立健全和有效运转。因此,本文推断,相较于国有企业,工业机器人应用对非国有企业内部控制质量的提升作用更大。为验证这一推断,本文将研究样本分为国有企业和非国有企业子样本,对模型(1)进行回归。表5结果显示:国有企业样本中,工业机器人渗透度(*Robot*)与内部控制质量($IC_{i,t+1}$)之间不存在显著的正相关关系;而在非国有企业样本中,内部控制质量($IC_{i,t+1}$)对工业机器人渗透度(*Robot*)的回归系数(0.0798)在1%水平上显著为正。这表明工业机器人应用仅有利于非国有企业内部控制质量的提升,而对国有企业内部控制质量不存在显著的正向影响。

(二) 地区市场化水平的调节作用

从企业外部来看,地区市场化水平是影响工业机器人产业发展的重要外部环境^[27],并作为正式制度为企业内部控制的有效运转提供保障^[35]。因而,工业机器人应用对内部控制质量的提升作用可能受到企业所在地市场化水平的影响。首先,地区市场化水平越高,其法治环境越完善,中介机构服务越规范,企业信息透明度越高^[54],越有助于提升内部控制质量。其次,随着地区市场化水平的提升,投资者保护机制逐步完善,管理层实施自利行为的机会成本上升,内部控制产生缺陷的概率下降^[54],内部控制质量越高。最后,市场化水平越高意味着当地市场竞争越激烈,企业管理者的风险意识加强,更有动力建立健全和有效实施内部控制,增强企业的风险抵御能力^[35]。可见,地区市场化水平作为一种正式制度对工业机器人应用在提升企业信息透明度、降低管理层代理成本方面具有替代作用,且地区市场化水平可以通过增强企业风险管控意识提高内部控制质量。因此,本文推断,地区市场化水平越高,工业机器人应用对企业内部控制质量的正向影响越弱,即在提升企业内部控制质量方面,工业机器人应用与地区市场化水平之间存在替代关系。为验证这一推断,本文利用市场化指数^①衡量企业所在地市场化水平(*Market*),引入工业机器人渗透度(*Robot*)与地区市场化水平(*Market*)的交乘项($Robot \times Market$),以表征企业所在地市场化水平对工业机器人应用与内部控制质量关系的调节作用,并将二者纳入模型(1)进行检验。表5市场化水平结果显示, $Robot \times Market$ 的回归系数(-0.1245)在10%水平上显著为负,说明地区市场化水平与工业机器人应用在促进企业内部控制质量提升的过程中具有替代效应。

① 由于王小鲁等(2019)的《中国分省份市场化指数报告(2018)》^[69]中“市场化总指数评分”仅公布到2016年,因此2017年、2018年和2019年数据为该评分前两年数值的算术平均数。

表 5 异质性检验结果

变量	IC_{t+1}		
	国有企业	非国有企业	市场化水平
<i>Robot</i>	0.002 1 (0.06)	0.079 8 *** (3.31)	0.352 3 ** (2.44)
<i>Market</i>			0.123 1 (0.26)
<i>Robot×Market</i>			-0.124 5 * (-1.93)
<i>Size</i>	0.126 1 *** (4.61)	0.021 1 (0.92)	0.066 6 *** (3.96)
<i>Age</i>	0.075 3 (0.67)	-0.241 2 *** (-4.35)	-0.136 8 *** (-2.93)
<i>Inventory</i>	0.426 6 (1.35)	0.522 5 ** (2.34)	0.500 9 *** (2.80)
<i>Lev</i>	-0.296 3 * (-1.70)	-0.279 2 ** (-2.23)	-0.324 2 *** (-3.24)
<i>ROA</i>	5.783 1 *** (7.56)	5.079 7 *** (12.82)	5.175 2 *** (14.71)
<i>Growth</i>	0.046 9 (1.32)	0.051 3 (1.50)	0.052 9 ** (2.08)
<i>Dual</i>	0.074 5 (1.02)	0.003 5 (0.11)	-0.011 4 (-0.41)
<i>Indr</i>	0.245 0 (0.60)	0.470 3 * (1.74)	0.412 7 * (1.84)
<i>EBR</i>	0.010 0 (1.57)	0.002 3 (0.35)	0.010 7 ** (2.35)
<i>M&A</i>	-0.015 7 (-0.30)	-0.101 9 *** (-3.07)	-0.097 2 *** (-3.44)
<i>Big10</i>	-0.075 3 (-0.24)	-0.218 5 (-1.01)	-0.125 9 (-0.65)
常数项	2.992 8 *** (4.47)	6.373 8 *** (12.26)	4.792 3 *** (4.14)
<i>year</i>	控制	控制	控制
<i>ind</i>	控制	控制	控制
<i>area</i>	控制	控制	控制
<i>N</i>	2 626	6 800	9 426
<i>R²</i>	0.143 8	0.103 9	0.097 8
<i>F</i>	4.521 8	6.672 6	8.871 8

八、结论与启示

(一) 研究结论

本文借助巴蒂克工具变量思想,利用国际机器人联合会的工业机器人数据和中国 A 股制造业上市公司微观数据构造工业机器人渗透度指标,考察了工业机器人应用对企业内部控制质量的影响,主要结论如下:(1)基准回归结果显示,工业机器人应用有助于提高企业内部控制质量,该结论在考虑了潜在的内生性问题后依然成立;(2)中介效应检验结果显示,高素质员工雇佣规模、企业信息透明度和管理层代理成本在工业机器人应用与企业内部控制质量的关系中具有并行多重中介效应,且高素质员工雇佣规模还通过影响企业信息透明度和管理层代理成本发挥链式多重中介效应;(3)异质性分析表明,相较于国有企业,工业机器人应用仅对非国有企业内部控制质量具有显著的提升作用,地区市场化水平与工业机器人应用在影响企业内部控制质量的过程中具有替代效应。

(二) 政策建议

基于上述理论分析与实证检验结果,提出如下政策建议:

对制造业企业而言,要提高内部控制质量,增强风险防控能力,不能仅依靠内部控制规范的指引和外部力量的监管,还须从企业内部发力,推进智能制造转型。企业应加快推进工业机器人应用,充分发挥其优化人力资源结构、提升信息透明度和缓解管理层代理问题的积极作用,善用新一代信息技术的溢出效应,提高内部控制质量。与此同时,企业应更加注重人力资源规划,在外聘高素质人才的同时,盘活内部劳动力市场,建立科学的激励机制,优化员工培训体系,不断提高员工整体素质,进一步提高企业信息透明度、降低管理层代理成本,从而提升内部控制质量。

对政策制定者而言,不能仅依赖制度法规强化企业内部控制监督,还需要通过机器人产业扶持计划、财税扶持政策等鼓励企业加大工业机器人应用、加速智能制造转型,且在此过程中要注意因企施策、因地制宜。一方面,工业机器人应用对内部控制质量的提升作用在国有企业中并不奏效,因此产业政策的制定与推行要充分考虑国有企业代理链条过长、担负稳就业职能等特殊特性,在深化国企改革中充分释放数智技术对内部控制质量的提升效应。另一方面,工业机器人应用与地区市场化水平在对内部控制质量的积极作用上存在替代关系,因此对市场化水平相对落后地区的企业,可科学考评其工业机器人应用、智能化转型情况,据此加大财税支持,引导企业积极利用数智技术赋能内部控制质量提升工作。

参考文献:

- [1] GRAETZ G, MICHAELS G. Robots at work[J]. The Review of Economics and Statistics, 2018, 100(5): 753-768.
- [2] 胡晨明,王林辉,朱利莹.工业机器人应用存在人力资本提升效应吗?[J]. 财经研究,2021,47(6):61-75,91.
- [3] 诸竹君,袁逸铭,焦嘉嘉.工业自动化与制造业创新行为[J]. 中国工业经济,2022(7):84-102.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 徐鹏,徐向艺.人工智能时代企业管理变革的逻辑与分析框架[J]. 管理世界,2020,36(1):122-129,238.

- [8]李维安,戴文涛.公司治理、内部控制、风险管理的关系框架——基于战略管理视角[J]. 审计与经济研究,2013,28(4):3-12.
- [9]RAJAN R G, ZINGALES L. Power in a theory of the firm[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1998, 113(2): 387-432.
- [10]GUO J, HUANG P, ZHANG Y, et al. The effect of employee treatment policies on internal control weaknesses and financial restatements[J]. The Accounting Review, 2016, 91(4): 1167-1194.
- [11]于雅萍,姜英兵.员工股权激励与内部控制质量[J]. 审计与经济研究,2019,34(2):54-66.
- [12]王烨,孙娅妮,孙慧倩,等.员工持股计划如何提升内部控制有效性?——基于PSM的实证研究[J]. 审计与经济研究,2021,36(1):14-25.
- [13]闫雪凌,朱博楷,马超.工业机器人使用与制造业就业:来自中国的证据[J]. 统计研究,2020,37(1):74-87.
- [14]AUTOR D H, DORN D. The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market[J]. The American Economic Review, 2013, 103(5): 1533-1597.
- [15]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.
- [16]ACEMOGLU D, RESTREPO P. The race between man and machine: implications of technology for growth, factor shares, and employment[J]. The American Economic Review, 2018, 108(6): 1488-1542.
- [17]李舒沁,王灏晨,汪寿阳.人工智能背景下制造业劳动力结构影响研究——以工业机器人发展为例[J]. 管理评论,2021,33(3):307-314.
- [18]王才,周文斌,赵素芳.机器人规模应用与工作不安全感——基于员工职业能力调节的研究[J]. 经济管理,2019,41(4):111-126.
- [19]周文斌,王才.机器人使用对工作绩效的影响及其作用机制——以中低端技能岗位员工为例的研究[J]. 中国软科学,2021(4):106-119.
- [20]李磊,徐大策.机器人能否提升企业劳动生产率?——机制与事实[J]. 产业经济研究,2020(3):127-142.
- [21]ACEMOGLU D, RESTREPO P. Automation and new tasks: how technology displaces and reinstates labor[J]. Journal of Economic Perspectives, 2019, 33(2): 3-30.
- [22]余玲铮,魏下海,孙中伟,等.工业机器人、工作任务与非常规能力溢价——来自制造业“企业—工人”匹配调查的证据[J]. 管理世界, 2021,37(1):47-59,4.
- [23]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.
- [24]DIXON J, HONG B, WU L. The robot revolution: managerial and employment consequences for firms[J]. Management Science, 2021, 67(9): 5586-5605.
- [25]程虹,陈文津,李唐.机器人在中国:现状、未来与影响——来自中国企业-劳动力匹配调查(CEES)的经验证据[J]. 宏观质量研究,2018,6(3):1-21.
- [26]韦东明,顾乃华,韩永辉.人工智能推动了产业结构转型升级吗——基于中国工业机器人数据的实证检验[J]. 财经科学,2021(10):70-83.
- [27]孙早,侯玉琳.工业智能化与产业梯度转移:对“雁阵理论”的再检验[J]. 世界经济,2021,44(7):29-54.
- [28]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,2022,57(4):85-102.
- [29]吕越,谷玮,包群.人工智能与中国企业参与全球价值链分工[J]. 中国工业经济,2020(5):80-98.
- [30]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.
- [31]DOYLE J, GE W L, MCVAY S. Determinants of weaknesses in internal control over financial reporting[J]. Journal of Accounting and Economics, 2007, 44(1/2): 193-223.
- [32]林斌,饶静.上市公司为什么自愿披露内部控制鉴证报告?——基于信号传递理论的实证研究[J]. 会计研究,2009(2):45-52,93-94.
- [33]张颖,郑洪涛.我国企业内部控制有效性及其影响因素的调查与分析[J]. 审计研究,2010(1):75-81.
- [34]胡明霞,干胜道.生命周期效应、CEO权力与内部控制质量——基于家族上市公司的经验证据[J]. 会计研究,2018(3):64-70.
- [35]刘启亮,罗乐,何威风,等.产权性质、制度环境与内部控制[J]. 会计研究,2012(3):52-61,95.
- [36]BALSAM S, JIANG W, LU B. Equity incentives and internal control weaknesses[J]. Contemporary Accounting Research, 2014, 31(1): 178-201.
- [37]刘斌,迟健心,季侃.董事会“内部控制专业胜任能力”重要吗?——基于文本分析和机器学习的经验证据[J/OL]. 南开管理评论,2021 [2022-05-22]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.f.20211112.0905.002.html>.
- [38]逯东,付鹏,杨丹.媒体类型、媒体关注与上市公司内部控制质量[J]. 会计研究,2015(4):78-85,96.
- [39]张传财,陈汉文.产品市场竞争、产权性质与内部控制质量[J]. 会计研究,2017(5):75-82,97.

- [40] 褚剑, 方军雄. 卖空约束放松与内部控制质量改善——基于中国融资融券制度的证据[J]. 财贸研究, 2020, 31(2): 68-79.
- [41] 池国华, 郭芮佳, 王会金. 政府审计能促进内部控制制度的完善吗——基于中央企业控股上市公司的实证分析[J]. 南开管理评论, 2019, 22(1): 31-41.
- [42] 郭阳生, 沈烈, 汪平平. 审计师地理距离与内部控制质量——兼论时间距离与审计师特征的调节效应[J]. 审计与经济研究, 2018, 33(3): 52-62.
- [43] 车响午, 彭正银. 公司治理环境与内部控制信息披露关系研究[J]. 财经问题研究, 2016(2): 71-78.
- [44] 程博, 潘飞, 王建玲. 儒家文化、信息环境与内部控制[J]. 会计研究, 2016(12): 79-84, 96.
- [45] 骆良彬, 张白. 企业信息化过程中内部控制问题研究[J]. 会计研究, 2008(5): 69-75.
- [46] 王海林. IT环境下企业内部控制模式探讨[J]. 会计研究, 2008(11): 63-68, 97.
- [47] MORRIS J J. The impact of enterprise resource planning (ERP) systems on the effectiveness of internal controls over financial reporting[J]. Journal of Information Systems, 2011, 25(1): 129-157.
- [48] 周卫华, 刘一霖. 管理者能力、企业数字化与内部控制质量[J]. 经济与管理研究, 2022, 43(5): 110-127.
- [49] 张钦成, 杨明增. 企业数字化转型与内部控制质量——基于“两化融合”贯标试点的准自然实验[J]. 审计研究, 2022(6): 117-128.
- [50] BARTIK T J. Who benefits from state and local economic development policies? [M]. Kalamazoo, MI: W. E. Upjohn Institute for Employment Research, 1991.
- [51] 黄群慧, 贺俊. “第三次工业革命”与中国经济发展战略调整——技术经济范式转变的视角[J]. 中国工业经济, 2013(1): 5-18.
- [52] 戚聿东, 肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. 管理世界, 2020, 36(6): 135-152.
- [53] DEFOND M L, RAGHUNANDAN K, SUBRAMANYAM K R. Do non-audit service fees impair auditor independence? Evidence from going concern audit opinions[J]. Journal of Accounting Research, 2002, 40(4): 1247-1274.
- [54] 倪静洁, 吴秋生. 内部控制有效性与企业创新投入——来自上市公司内部控制缺陷披露的证据[J]. 山西财经大学学报, 2020, 42(9): 70-84.
- [55] AGRAWAL A, GANS J, GOLDFARB A. Prediction, judgment, and complexity: a theory of decision-making and artificial intelligence [M]// AGRAWAL A, GANS J, GOLDFARB A. The economics of artificial intelligence: an agenda. Chicago: University of Chicago Press, 2019: 89-110.
- [56] 许宁宇. 管理层能力与内部控制——来自中国上市公司的经验证据[J]. 审计研究, 2017(2): 80-88.
- [57] 朱瑜, 李云健, 马智妍, 等. 员工组织规避劳动合同法认知、工作不安全感与组织报复行为的关系: 基于华南地区新生代员工的实证研究[J]. 管理评论, 2014, 26(3): 113-127.
- [58] 王书亭, 谢远龙, 尹周平, 等. 面向新工科的智能制造创新人才培养体系构建与实践[J]. 高等工程教育研究, 2022(5): 12-18.
- [59] PARRY K, COHEN M, BHATTACHARYA S. Rise of the machines: a critical consideration of automated leadership decision making in organizations[J]. Group & Organization Management, 2016, 41(5): 571-594.
- [60] 高锦萍, 白羽新, 高居平, 等. 人工智能时代的会计伦理: 内涵、转向与考量[J]. 会计研究, 2022(3): 17-27.
- [61] 张洁, 高亮, 秦威, 等. 大数据驱动的智能车间运行分析与决策方法体系[J]. 计算机集成制造系统, 2016, 22(5): 1220-1228.
- [62] POWERS J B, MCDOUGALL P P. University start-up formation and technology licensing with firms that go public: a resource-based view of academic entrepreneurship[J]. Journal of Business Venturing, 2005, 20(3): 291-311.
- [63] 邵春燕, 王配配, 周愈博. 终极控制股东对企业内部控制缺陷影响的研究——基于2009—2013年中国制造业上市公司的经验数据[J]. 审计研究, 2015(4): 80-87.
- [64] 罗进辉, 巫奕龙. 数字化运营水平与真实盈余管理[J]. 管理科学, 2021, 34(4): 3-18.
- [65] DEUMES R, KNECHEL W R. Economic incentives for voluntary reporting on internal risk management and control systems[J]. Auditing: A Journal of Practice & Theory, 2008, 27(1): 35-66.
- [66] 柳士顺, 凌文铨. 多重中介模型及其应用[J]. 心理科学, 2009, 32(2): 433-435, 407.
- [67] 黎文靖, 孔东民. 信息透明度、公司治理与中小股东参与[J]. 会计研究, 2013(1): 42-49, 95.
- [68] 刘伟江, 孙聪, 赵敏慧. 科技政策与区域生产率增长——创业与创新的链式中介作用[J]. 经济管理, 2019, 41(4): 40-56.
- [69] 王小鲁, 樊纲, 胡李鹏. 中国分省份市场化指数报告(2018) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2019.

How does Application of Industrial Robots Affect Internal Control Quality of Enterprises?

NI Jingjie¹, GUO Mengnan²

(1. Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000;

2. Shanxi University of Finance and Economics, Taiyuan 030006)

Abstract: Facing profound changes unseen in a century, China's manufacturing industry needs to improve its intelligent manufacturing and risk management capabilities to cope with fierce competition and complex risks. Industrial robots are the main force for manufacturing enterprises to develop intelligent manufacturing. Therefore, exploring how the application of industrial robots affects the internal control quality of enterprises is of great theoretical and practical importance in promoting high-quality economic development.

Based on the Batik IV method, this paper empirically analyzed the influence of industrial robot application on the internal control quality of enterprises using the data from the International Federation of Robotics and the micro-data of China's listed manufacturing enterprises from 2012 to 2019. In addition, it examined the influence channels of the industrial robot application on the internal control quality of enterprises, as well as the moderating effect of internal and external factors such as enterprise property rights and the degree of regional marketization.

The results show that the application of industrial robots can improve the internal control quality of enterprises. This finding is valid after robustness tests, such as correcting dependent variables, changing control variables, and using instrumental variables. The mechanism tests indicate that the employment scale of high-quality employees, the information transparency of enterprises, and the management agency costs are parallel mediators in improving the internal control quality through the application of industrial robots. Moreover, the employment scale of high-quality employees is a chain mediator by affecting enterprise information transparency and management agency costs. The heterogeneity test shows that compared to state-owned enterprises, the application of industrial robots has a more significant effect on improving the internal control quality of non-state-owned enterprises. Moreover, the degree of regional marketization and the application of industrial robots have a substitution effect on improving the internal control quality of enterprises.

The potential contribution of this paper lies in the following aspects. On the one hand, the findings provide beneficial insights for enterprises to strengthen their internal control by expanding the application of industrial robots, improving employee quality and information transparency, and curbing management agency issues. On the other hand, it provides a theoretical basis for the government to formulate differentiated industrial policies to support the intelligent transformation of enterprises and promote high-quality economic development.

Keywords: industrial robot; internal control quality; staff quality; information transparency; agency cost

责任编辑:姚望春