

# 工业机器人应用对审计收费的溢出效应 ——来自制造业上市公司的证据

杜亚光<sup>1</sup>, 何瑛<sup>1</sup>, 田马飞<sup>2</sup>

(1. 北京邮电大学 经济管理学院, 北京 100876; 2. 清华大学 经济管理学院, 北京 100084)

**摘要:** 机器人被誉为“制造业皇冠顶端的明珠”, 面向数字经济治理的重要需求, 企业应用人工智能技术能否对外部审计师决策产生溢出效应成为当下亟待解决的重要议题。文章以2011—2019年中国A股制造业上市公司为样本, 基于技术—经济范式理论和审计定价理论, 探究了企业层面工业机器人应用与审计收费的关系。研究发现: 企业工业机器人应用显著降低了审计收费水平, 主要通过减少审计资源投入和缓解审计风险感知对审计收费产生抑制作用, 特别是在劳动密集型、技术密集型和审计师任期较短的企业中更显著, 而且机器人应用对异常审计收费的治理效果强于正常审计收费。研究结论对政府完善机器人产业政策、企业推进高端化智能制造以及审计师优化定价决策具有重要的借鉴意义。

**关键词:** 工业机器人; 审计收费; 人工智能技术; 审计资源; 审计风险

**中图分类号:** F426; F239.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-0150(2023)06-0104-15

## 一、引言

为加快建成创新型国家和世界科技强国, 深入推进《中国制造2025》制造强国战略, 2017年国务院印发了《新一代人工智能发展规划》, 明确将发展人工智能产业提升至国家战略层面, 力争到2030年成为世界主要人工智能创新中心。此后, 2021年国家工业和信息化部发布了《“十四五”智能制造发展规划(征求意见稿)》, 并联合12部委印发了《“十四五”机器人产业发展规划》, 提出到2035年规模以上制造业企业全面普及数字化, 骨干企业基本实现智能转型, 机器人产业综合实力达到国际领先水平。因此, 加快工业智能化进程已成为推动我国制造业高质量发展的重要路径, 其中工业机器人被认为是工业化与数字化的高度契合, 是智能制造领域的“前沿阵地”。根据国际机器人联合会(International Federation Robotics, 以下简称IFR)最新发布的世界工业机器人报告显示, 2013年以来中国拥有全球最大的工业机器人市场, 2021年工业机器人安装量占比达52%, 且工业机器人保有量年均增长28%, 远超过世界平均水平, 工业机器人应用

收稿日期: 2023-05-03

**基金项目:** 国家社会科学基金重大项目“数字化变革推动中小企业高质量发展研究”(22&ZD148); 中国博士后科学基金面上项目“数字经济下专精特新企业融资约束的异质性、经济后果与治理优化研究”(2022M720515); 国家社会科学基金重点项目“双向混合所有制改革中非控股股东治理机制对资本配置效率的影响研究”(20AGL015); 山东省软科学项目一般项目“新冠疫情下扩大增值税留抵退税助企纾困实现路径与效果评估”(2022RKY07014)。

**作者简介:** 杜亚光(1990—), 男, 山西太原人, 北京邮电大学经济管理学院博士后;

何瑛(1973—), 女, 新疆乌鲁木齐人, 北京邮电大学经济管理学院教授、博士生导师(通讯作者);

田马飞(1990—), 男, 安徽宿州人, 清华大学经济管理学院博士后。

对国民经济发展的作用正日益凸显。

当前学术界关于人工智能技术应用的经济后果研究方兴未艾。大多数文献从“基于任务的模型”经济增长理论出发,提出机器人的自动化技术相对于劳动力而言更具比较优势,有助于节约劳动力成本,提高生产效率(Graetz和Michaels, 2018),由此引发“机器换人”的就业效应问题,即工业机器人应用对劳动力的技术性替代(Acemoglu和Restrepo, 2020; 李磊等, 2021; 王永钦和董雯, 2020)。同时,也有部分学者将视角转向微观企业行为决策,探讨企业工业机器人应用对全要素生产率、盈利能力、财务决策、企业创新、绿色生产等企业行为决策的影响(Koch等, 2021; 聂飞等, 2022; 诸竹君等, 2022)。面向国家数字经济治理的重大需求,审计师作为企业重要的外部利益相关者,“机器换人”效应很大程度上通过改变企业生产要素结构、管理模式和财务表现等影响审计师决策,但学术界对该问题尚缺乏足够的关注。外部审计师扮演着企业重要的监督治理角色,审计师为应对数字化变革的冲击会采取差异化的审计策略(Appelbaum等, 2017)。一方面,企业新一代数字技术应用能够为审计师提供丰富的审计证据,从而更全面地了解被审计单位环境,增进审计效率,降低审计成本和检查风险,提高审计质量(翟华云和李倩茹, 2022; 张永坤等, 2021);另一方面,人工智能技术的专业知识门槛较高,致使外部监督的及时性和有效性较低,很可能成为管理层舞弊的“温床”,审计师为降低审计风险需要投入更多的审计资源以获取充分适当的审计证据,比如扩大控制测试范围、补充实质性分析程序等,额外增加了审计工作量,导致审计成本陡增(吴武清等, 2022; 杨德明等, 2020)。由此可见,工业机器人应用不仅影响企业行为,而且可能对外部审计师决策产生一定的溢出效应。基于此,本文以会计师事务所审计收费为切入点,利用2011—2019年我国制造业上市公司数据,构建企业层面的工业机器人渗透度指标,实证检验工业机器人应用对审计收费的影响,旨在拓展工业机器人应用经济后果的相关研究。

本文的可能研究贡献主要体现在三方面:第一,现有文献关于机器人应用的经济后果研究主要集中于宏观劳动力市场和微观企业行为,鲜有文献基于利益相关者治理和溢出效应视角,以外部审计师决策为切入点,探究工业机器人应用对审计收费的影响机制。本文研究发现工业机器人应用有助于缓解企业审计费用水平,不仅支持了工业机器人应用促进企业价值增值的观点(Acemoglu和Restrepo, 2020; Koch等, 2021),而且更进一步拓展了工业机器人应用的经济后果研究。第二,尽管已有研究基于审计定价理论对审计收费的影响因素展开了广泛讨论,但研究视角大多以宏观经济政策和微观企业治理特征为主(Kim等, 2015; 褚剑等, 2018; 黄贤环和王瑶, 2021),基于人工智能技术应用视角的探索尚涉足不深。工业机器人作为人工智能技术的综合性载体,有别于企业的信息化建设和大数据、区块链等单一数字技术应用,更能够突出企业数字化转型特征。因此,本文将工业机器人应用与审计师行为联系起来考察,有助于为审计收费的影响因素研究提供新的视角。第三,已有研究关于数字经济如何赋能审计师决策的理论探索还不充分,本文创新性地从审计资源投入和审计师风险感知机制找到了工业机器人应用影响审计收费的具体路径,并且分析了企业和审计师的异质性特征对工业机器人应用与审计收费关系的影响。研究结论有助于揭示人工智能技术影响审计师决策过程的“黑箱”,弥补现有文献不足,为推进企业数字化变革和优化审计师定价决策、提高审计质量提供了新思路。

## 二、理论分析与研究假设

根据Simunic(1980)提出的审计定价理论模型,审计定价水平主要取决于三个因素:一是审计产品成本,执行必要的审计程序所需投入的各项审计资源的费用;二是预期损失费用,包括

审计师的声誉修复成本及诉讼损失等；三是审计师获取的利润。已有实证研究表明，审计工作量和审计风险溢价是决定审计收费的重要因素，高审计资源投入和高审计风险是导致审计收费增加的主要驱动因素(DeFond和Zhang, 2014)。基于技术—经济范式理论的观点(Perez, 2010)，数字技术变革是推动企业发展的重要决定性因素，工业机器人作为人工智能技术的具体产物深刻影响着企业及其利益相关者的行为决策。为此，企业工业机器人应用可能通过审计资源机制和审计风险机制进而影响审计收费。

一方面，工业机器人的使用有助于缓解审计师的审计资源投入，降低审计收费水平，即审计资源机制。机器人作为人工智能技术应用的具体产物，已被明确列为“十四五”规划的重点产业发展领域，符合我国制造业转型升级战略的政策扶持方向，是当前推动数字经济发展与实体经济深度融合的重要载体。因此，工业机器人应用提高了企业工业智能化水平，能够促进企业全要素生产率增长(Koch等, 2021)。基于信号传递理论，工业机器人应用可向外传递企业的积极信号，有助于增加外部分析师等专业投资者的关注和监督(Bloom等, 2014; 戚聿东和肖旭, 2020)。更进一步，当外部监督水平较高时，企业发生财务舞弊的风险更小，审计师出于成本收益的权衡，在审计计划工作中会选择更低的重要性水平，降低收集额外审计证据所付出的审计成本，减少非必要的审计资源投入，优化审计资源配置效率，进而收取更低的审计费用。

另一方面，企业使用工业机器人还有利于缓解审计师感知的审计风险，降低其诉讼风险补偿预期，进而调低审计定价水平，即审计风险机制。其原因在于：第一，工业机器人应用能够提高企业生产效率，降低企业经营风险。人工智能技术使企业内部信息的收集、整合分析以及应用均得以优化(祝合良和王春娟, 2021)，有助于畅通企业不同生产要素的协同耦合，减少非自动化生产造成的试错成本，提升组织管理效能，增进企业全要素生产率，提高产品质量，改善企业经营业绩。从经营稳定性角度，“机器换人”使企业成本结构发生变化，有助于缓解高劳动力成本带来的经营压力。同时，政府部门也会给予企业额外的政府补贴以鼓励开展机器设备的自动化升级(许怡和许辉, 2019)，有益于降低企业经营绩效的不确定性。因此，稳定的经营成果能够向审计师传递企业具有较强经营能力的正面信号，缓解了审计师对被审计单位持续经营能力存有重大疑虑的风险感知(Lyon和Maher, 2005)，促使审计师调低审计定价水平。第二，工业机器人应用能够优化公司治理环境，降低企业重大错报风险。一是工业机器人应用规模越大，企业工业自动化水平越高，越有利于抑制人为因素导致的内控缺陷行为，提高企业内部控制设计及运行的有效性，进而缓解审计师的审计风险判断并调高重要性水平，降低审计收费。二是新一代工业自动化技术促进了企业内部控制质量的提升(倪静洁和郭檬楠, 2023)，有助于抑制大股东、管理层等内部人控制风险，降低企业代理成本，改善企业盈余质量，从而降低企业重大错报风险(张永璋等, 2021)，缓解审计师感知的审计风险，并由此收取较低审计费用。总之，企业工业机器人应用有助于降低审计收费。据此，本文提出如下假设：

H1: 企业工业机器人应用与审计收费水平负相关。

审计定价理论认为审计成本是影响审计收费的重要因素，其中包括开展审计工作所投入的必要审计资源。研究表明理性经济人假设下，会计师事务所为提高审计质量、规避审计诉讼风险会投入更多的审计资源，包括审计活动中投入的审计时长、审计师薪酬等各项成本开支，出于成本收益的权衡会收取更高的审计费用(DeFond和Zhang, 2014)。如前文所述，企业工业机器人应用可能通过减少审计资源投入进而降低审计收费。一方面，工业自动化有助于提升企业生产运营效率(Graetz和Michaels, 2018)，吸引外部分析师等利益相关者的监督关注，一定程度

上可以帮助审计师在更短的时间内从中了解被审计单位的信息和环境,合理计划审计工作,减少非必要的审计程序,减轻审计工作量,从而调低审计定价。因此,企业工业机器人应用缓解审计资源投入可能是降低审计收费的作用机制之一。基于此,本文提出如下假设:

H2: 企业工业机器人应用通过减少审计资源投入进而降低审计收费。

除审计资源投入直接影响审计定价外,审计风险发生的预期损失也是审计师间接决定审计收费的重要因素(Simunic, 1980)。审计师虽然通过增加审计资源投入一定程度上能够降低重大错报风险,但即使审计师遵照审计准则执行审计工作仍不可能完全消除诉讼风险,为此审计师会收取额外的审计费用以控制声誉修复和预期风险损失的成本(Simunic和Stein, 1996)。基于风险厌恶和连带理论,被审计单位较高的诉讼风险将导致审计师追求更高的审计风险溢价,且更倾向于出具非标准审计意见并调高审计定价(Venkataraman等, 2008)。因此,审计师感知的审计风险是决定审计收费水平的重要因素,企业工业机器人应用可能通过缓解审计风险进而降低审计收费。原因在于,从经营稳定性角度,企业工业机器人应用通过替换低技能劳动力,有助于优化资源配置效率,改善劳动生产效率,整体提升企业全要素生产率,降低经营波动风险;从组织治理角度,工业机器人具有高度自动化的工艺生产加工流程,有利于避免生产工人操作导致的失误,一定程度上监督和约束管理层的机会主义行为,降低审计师感知的诉讼风险,进而收取较低审计费用。总之,缓解审计师的审计风险感知是企业工业机器人应用降低审计收费的另一作用机制。为此,本文提出如下假设:

H3: 企业工业机器人应用通过缓解审计风险进而降低审计收费。

### 三、研究设计

#### (一) 样本选取与数据来源

由于在2010年之后中国工业机器人应用呈现快速上升趋势,且主要分布于制造业领域,因此本文选取2011—2019年中国A股制造业上市公司作为初始研究样本,并在此基础上做如下筛选:(1)剔除被ST或ST\*的样本;(2)剔除存在缺失值的样本;(3)剔除数据缺失及净资产为负的样本,整理后最终得到16069个公司—年度观测值。工业机器人数据来自国际机器人联合会(IFR),IFR是目前世界范围内最权威的“国家—行业—年度”层面的机器人统计数据。上市公司的审计数据、财务数据以及公司治理数据均来自国泰安经济金融数据库(CSMAR),上市公司生产部门员工占比数据来自Wind数据库。本文还用到《2002版国民经济行业分类与代码》《2011版国民经济行业分类与代码》以及IFR行业分类代码。另外,本文对所有连续型变量进行了前后1%的Winsorize(缩尾)处理,以消除极端样本的影响。

#### (二) 变量定义

1.被解释变量:审计收费。参考吴武清等(2022)等已有研究,本文采用上市公司年度审计费用用的自然对数衡量审计收费(*Audfee*)。本文在稳健性检验中将审计收费进行前置一期和两期处理,以提升研究结果的可靠性。

2.解释变量:企业工业机器人渗透度。本文借鉴Acemoglu和Restrepo(2020)、王永钦和董雯(2020)的研究,构建中国制造业上市公司层面的工业机器人渗透度指标。具体测算过程如下:第一步,参考王永钦和董雯(2020)的做法,按行业分类名称,将我国2002版国民经济行业分类代码统一至2011版国民经济行业分类代码,调整后共分31类行业;第二步,将调整后的行业分类与IFR行业分类进行匹配;第三步,计算行业层面工业机器人渗透度指标,等于制造业 $j$ 行业 $t$ 年的工业机器人存量除以 $j$ 行业2010年(基期)的就业人数;第四步,用 $j$ 行业 $k$ 上市公司2011年

(基期)生产部门员工占比与制造业所有上市公司2011年生产部门员工占比中位数的比值,乘以行业层面工业机器人渗透度,再除以100进行量纲化处理,计算出企业层面工业机器人渗透度指标(*Robots*):

$$Robots_{kjt} = \left( \frac{PWR_{kjt=2011}}{MedPWR_{t=2011}} \times \frac{IRP_{jt}^{CH}}{LA_{jt=2010}^{CH}} \right) / 100 \quad (1)$$

其中,  $IRP_{jt}^{CH}$  表示中国  $j$  行业  $t$  年度的工业机器人存量,  $LA_{jt=2010}^{CH}$  表示中国  $j$  行业 2010 年(基期)的就业人数(万人),  $IRP_{jt}^{CH} / LA_{jt=2010}^{CH}$  表示中国  $j$  行业  $t$  年度的工业机器人渗透度,  $PWR_{kjt=2011}$  表示  $j$  行业  $k$  上市公司 2011 年(基期)生产部门员工占比,  $MedPWR_{t=2011}$  表示 2011 年全部制造业上市公司生产部门员工占比的中位数。该指标反映了工业技术变革推动下制造业企业工业智能化的变迁过程,数值越高,表明企业工业机器人应用规模越大,工业化水平越高。制造业上市公司行业分类是将中国证监会发布的《上市公司行业分类指引》(2012 年修订)与 IFR 行业分类相匹配得到。工业行业就业人数以及上市公司行业分类与行业代码的数据来自 CSMAR 数据库。

3. 控制变量。本文借鉴胡耘通等(2021)等已有研究,选取如下控制变量:公司规模(*Size*)、资产负债率(*Lev*)、产权性质(*Soe*)、上市年限(*Age*)、总资产收益率(*Roa*)、销售收入增长率(*Growth*)、业务复杂度(*Complex*)、股权制衡度(*Balance*)、董事会规模(*Board*)、独立董事占比(*Idirector*)、两职合一(*Concur*)、机构投资者持股比例(*Instin*)、事务所规模(*Big4*)、审计意见(*Audop*)以及宏观层面的地区经济发展水平(*GDP*)。本文还控制了行业哑变量(*Industry*)及年度哑变量(*Year*)。上述变量是审计活动中影响审计师行为决策的重要因素,故需加以控制。各变量的具体定义如表1所示。

表 1 变量定义表

变量名称	变量符号	变量定义
审计收费	<i>Audfee</i>	当期审计费用合计取自然对数
企业工业机器人渗透度	<i>Robots</i>	通过与IFR行业匹配,将行业工业机器人渗透度乘以制造业企业生产部门员工占比与制造业全部企业生产部门员工占比中位数的比值
公司规模	<i>Size</i>	总资产取自然对数
资产负债率	<i>Lev</i>	负债合计/总资产
产权性质	<i>Soe</i>	国有企业赋值为1,非国有企业赋值为0
上市年限	<i>Age</i>	上市年限加1,取自然对数
总资产收益率	<i>Roa</i>	净利润/平均总资产
销售收入增长率	<i>Growth</i>	本期销售收入与上一期销售收入之差除以上一期销售收入
业务复杂度	<i>Complex</i>	(应收账款+其他应收款)/总资产
股权制衡度	<i>Balance</i>	第二至第五大股东持股比例之和/第一大股东持股比例
董事会规模	<i>Board</i>	董事会人数取自然对数
独立董事占比	<i>Idirector</i>	独立董事人数/董事会人数
两职合一	<i>Concur</i>	董事长同时兼任总经理取1,反之取0
机构投资者持股比例	<i>Instin</i>	机构投资者持股数量/公司总股数
事务所规模	<i>Big4</i>	由国际四大会计师事务所审计取1,非国际四大取0
审计意见	<i>Audop</i>	标准无保留审计意见取1,非标准审计意见取0
地区经济发展水平	<i>GDP</i>	所在地区的国内生产总值取自然对数(万元)

### (三) 模型设定

为验证假设H1关于企业工业机器人应用对审计收费的影响,本文构建如下检验模型:

$$\begin{aligned}
 Audfee_{i,t} = & \alpha_0 + \beta_1 Robots_{i,t} + \beta_2 Size_{i,t} + \beta_3 Lev_{i,t} + \beta_4 Soe_{i,t} + \beta_5 Age_{i,t} + \beta_6 Roa_{i,t} + \beta_7 Growth_{i,t} \\
 & + \beta_8 Complex_{i,t} + \beta_9 Balance_{i,t} + \beta_{10} Board_{i,t} + \beta_{11} Idirector_{i,t} + \beta_{12} Concur_{i,t} \\
 & + \beta_{13} Instin_{i,t} + \beta_{14} Big4 + \beta_{15} Audop_{i,t} + \beta_{16} GDP_{i,t} + \beta_j Industry + \beta_k Year + \varepsilon_{i,t}
 \end{aligned} \quad (2)$$

模型(2)中,被解释变量*Audfee*表示企业审计收费水平,解释变量*Robots*表示企业工业机器人应用程度,其余变量代表微观企业层面和宏观环境层面的控制变量,*Industry*和*Year*分别为行业固定效应和年度固定效应, $\varepsilon$ 为随机扰动项。采用最小二乘回归方法(OLS),系数 $\beta_1$ 反映了企业工业机器人应用对审计收费的影响程度,预期 $\beta_1$ 显著为负。此外,为缓解异方差问题,所有模型均采用稳健标准误对回归结果进行修正。

为验证假设H2,本文参考温忠麟等(2004)的逐步回归法建立如下中介效应检验模型:

$$Effort_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 Robots_{i,t} + \beta Controls + \beta_j Industry + \beta_k Year + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$Audfee_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 Robots_{i,t} + \beta_2 Effort_{i,t} + \beta Controls + \beta_j Industry + \beta_k Year + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

其中,*Effort*表示审计资源投入水平。根据数据来源不同,现有研究对审计资源投入的度量方法主要有两种:一是基于行业组织和监管机构的内部档案数据,采用审计师实际审计工时,比如项目组审计师外勤总天数等(陈宋生和田至立,2019);二是基于公开数据,采用资产负债表日与审计日间隔天数的自然对数衡量,时间越久,审计师越努力,审计资源投入就越多(梁日新和李英,2021)。鉴于数据可得性,本文选用第二种方法度量审计资源投入水平,设立审计报告签署时长(*Audlag*)变量,采用资产负债表日至审计报告签署日的间隔天数并取自然对数反映审计报告时滞,数值越大,表明审计资源投入越多。此外,本文参考Zhong(2018)的方法,间接采用年度分析师跟踪数量的自然对数度量(*Analyst*),以反映审计资源投入水平。该指标数值越大,表明分析师关注度越高,审计师越能够充分了解被审计单位的情况,审计师所需投入的额外审计资源也越少。*Controls*为控制变量<sup>①</sup>,*Industry*和*Year*分别为行业固定效应和年度固定效应, $\varepsilon$ 为随机扰动项。

为验证假设H3,本文采用逐步回归法的中介效应检验模型:

$$Risk_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 Robots_{i,t} + \beta Controls + \beta_j Industry + \beta_k Year + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

$$Audfee_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 Robots_{i,t} + \beta_2 Risk_{i,t} + \beta Controls + \beta_j Industry + \beta_k Year + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

其中,*Risk*表示审计风险水平。本文主要采用三个指标进行度量:(1)企业经营风险(*Volatility*)。审计师面临的审计风险与被审计单位的经营风险紧密相关(邢立全和陈汉文,2013),因为遭受财务损失的企业也会对审计师提起诉讼并要求赔偿损失。参照已有研究方法,采用企业近三年息税前利润与总资产之比的标准差反映企业经营风险,数值越大,表明企业经营波动性越高,经营风险越大,审计师感知的诉讼风险水平越高。(2)内部控制缺陷(*Deficiency*)。上市公司的内部控制质量越低,财务报告质量越低,审计师面临的风险越高(Beneish等,2008)。借鉴已有研究的做法,如果企业当年存在内部控制缺陷,表明企业内部控制有效性较差,审计师面临较高审计风险,赋值为1;反之,当企业不存在内部控制缺陷时,审计师更倾向于出具内控有效意见,审计风险较低,赋值为0。(3)代理成本(*Agcost*)。朱春艳等(2017)研究发现大股东掏空引发的代理成本会给审计师带来更高的审计风险。因此,本文采用大股东占款度量代理成本,等于其他应收款占总资产的比重,数值越大,表明代理冲突越严重,审计风险水平越高。*Controls*为控制变量,*Industry*和*Year*分别为行业和年度固定效应, $\varepsilon$ 为随机扰动项。本文预期式(5)、式(6)的系数 $\beta_1$ 显著为负,且 $\beta_2$ 显著为正。

#### (四)描述性统计与相关性分析

表2为主要变量的描述性统计结果。审计收费(*Audfee*)的平均值和标准差分别为13.676和

<sup>①</sup>限于篇幅,模型(3)至模型(6)中*Controls*均表示控制变量,同模型(2)中的控制变量一致。

0.621, 表明我国制造业上市公司的审计费用存在较大差异, 这与现有文献结果基本一致(胡耘通等, 2021)。企业工业机器人渗透度(*Robots*)的平均值为0.235, 标准差为0.559, 表明制造业上市公司工业机器人应用水平不高, 工业机器人渗透度还有待深化。控制变量方面, *Lev*的平均值为0.393, 说明制造业上市公司的财务杠杆水平适中; *Roa*的平均值为0.039, 制造业上市公司的盈利能力仍不强; 其余变量的结果均在合理范围内, 此处不再赘述。另外, 根据相关性分析结果可知, *Robots*与*Audfee*的偏相关系数在1%的水平下显著为负, 初步表明企业工业机器人应用与审计收费负相关。解释变量与控制变量的方差膨胀因子(VIF)平均值和最大值均小于临界值10, 且大多数变量间的相关系数小于0.50, 说明回归模型不存在严重的多重共线性问题。

表2 描述性统计结果

变量	样本量	平均值	标准差	最小值	中位数	最大值
<i>Audfee</i>	16069	13.676	0.621	12.543	13.592	15.761
<i>Robots</i>	16069	0.235	0.559	0.000	0.053	6.014
<i>Size</i>	16069	21.917	1.153	19.545	21.771	25.351
<i>Lev</i>	16069	0.393	0.201	0.051	0.380	0.823
<i>Soe</i>	16069	0.278	0.448	0.000	0.000	1.000
<i>Age</i>	16069	8.710	6.991	0.000	7.000	29.000
<i>Roa</i>	16069	0.039	0.067	-0.369	0.039	0.217
<i>Growth</i>	16069	0.246	0.612	-0.709	0.113	4.201
<i>Complex</i>	16069	0.147	0.101	0.000	0.130	0.825
<i>Balance</i>	16069	0.750	0.609	0.029	0.591	2.833
<i>Board</i>	16069	2.232	0.167	1.792	2.303	2.639
<i>Idirector</i>	16069	37.496	5.324	33.330	33.330	57.140
<i>Concur</i>	16069	0.309	0.462	0.000	0.000	1.000
<i>Instin</i>	16069	41.196	24.751	0.140	43.130	88.846
<i>Big4</i>	16069	0.042	0.201	0.000	0.000	1.000
<i>Audop</i>	16069	0.969	0.173	0.000	1.000	1.000
<i>GDP</i>	16069	10.510	0.736	6.407	10.545	11.590

#### 四、实证结果分析

##### (一) 基准回归: 工业机器人应用与审计收费

表3报告了企业工业机器人应用影响审计收费的回归结果。由列(1)可知, 在控制了企业规模、资产负债率等企业基本特征和财务特征后, *Audfee*对*Robots*的回归系数在1%的显著性水平下为负值, 初步表明企业工业机器人应用规模越大, 其审计收费水平越低。进一步加入股权制衡度、董事会规模等公司治理变量后, 结果如表3列(2)所示, *Robots*的系数仍显著为负。最后, 加入事务所规模、审计意见以及地区经济发展变量, 由列(3)可知, *Robots*的系数为-0.036, 且在1%的水平下显著为负。从经济含义分析, 企业工业机器人渗透度每提高一个单位, 会使审计收费平均降低3.6%。上述逐步回归法的结果表明, 企业工业机器人应用与审计收费水平负相关, 即工业自动化有助于缓解制造业企业的审计成本, 至此假设H1得以验证。此外, 控制变量*Soe*的系数显著为负, 说明国有企业比非国有企业的审计费用更低; *Roa*的系数显著为负, 说明公司良好的经营绩效有助于降低审计收费水平; *Concur*的系数显著为正, 说明对于董事长兼任总经理的企业, 审计师将会收取更高的审计费用; *Audop*的系数显著为负, 说明审计意见越正面, 审计费用水平越低。

表 3 工业机器人应用与审计收费的回归结果

变量	Audfee		
	(1)	(2)	(3)
<i>Robots</i>	-0.038***(-4.379)	-0.038***(-4.378)	-0.036***(-4.402)
<i>Size</i>	0.383***(91.664)	0.375***(87.989)	0.346***(86.663)
<i>Lev</i>	0.045**(2.077)	0.052**(2.398)	0.070*** (3.295)
<i>Soe</i>	-0.101***(-10.787)	-0.107***(-10.948)	-0.098***(-10.485)
<i>Age</i>	0.008*** (13.208)	0.009*** (13.757)	0.009*** (14.093)
<i>Roa</i>	-0.451***(-7.968)	-0.487***(-8.602)	-0.475***(-8.663)
<i>Growth</i>	-0.018***(-3.090)	-0.019***(-3.314)	-0.011**(-2.026)
<i>Complex</i>	0.169*** (4.448)	0.187*** (4.921)	0.173*** (4.747)
<i>Balance</i>		0.038*** (7.027)	0.031*** (6.089)
<i>Board</i>		-0.062**(-2.469)	-0.048**(-2.008)
<i>Idirector</i>		-0.000(-0.369)	-0.001(-0.912)
<i>Concur</i>		0.024*** (3.409)	0.021*** (3.075)
<i>Instin</i>		0.002*** (11.299)	0.001*** (8.454)
<i>Big4</i>			0.576*** (30.164)
<i>Audop</i>			-0.115***(-6.114)
<i>GDP</i>			0.033*** (7.110)
常数项	5.230*** (60.435)	5.434*** (52.256)	5.817*** (53.936)
行业/年度固定效应	控制	控制	控制
样本量	16069	16069	16069
Adj-R <sup>2</sup>	0.595	0.599	0.632

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示1%、5%和10%(双尾)统计显著性水平，括号中为经稳健标准误调整后的t值。下同。

(二) 影响机制检验

表4报告了审计资源作为中介变量的逐步回归法检验结果。第(1)、(3)列中*Robots*分别与*Audlag*、*Analyst*显著负相关和正相关，表明企业工业机器人应用有助于降低审计报告签署时滞并且增强公司透明度，进而减少审计资源投入。第(2)、(4)列中*Audlag*和*Analyst*分别与*Audfee*显著正相关和显著负相关，且*Robots*的系数仍显著为负，表明审计资源投入越少，审计收费水平越低。Sobel检验的Z统计量分别为-1.980和-3.462，证明中介效应成立，即企业工业机器人应用确实通过降低审计资源投入进而缓解审计收费水平，审计资源机制假设H2得以验证。

表 4 审计资源机制的中介效应检验

变量	<i>Audlag</i>	<i>Audfee</i>	<i>Analyst</i>	<i>Audfee</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>Robots</i>	-0.794** (-2.048)	-0.035*** (-4.346)	0.097*** (5.001)	-0.034*** (-4.242)
<i>Audlag</i>		0.001*** (7.721)		
<i>Analyst</i>				-0.016*** (-4.859)
控制变量	控制	控制	控制	控制
行业/年度固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	16046	16046	15980	15980
Adj-R <sup>2</sup>	0.140	0.634	0.396	0.634

表5报告了审计风险作为中介变量的逐步回归法检验结果。第(1)、(3)、(5)列中*Robots*与*Volatility*、*Deficiency*和*Agcost*均显著负相关，表明企业工业机器人应用有助于缓解企业的盈利波动性、内部控制缺陷以及代理成本，从而降低审计师感知的审计风险。第(2)、(4)、(6)列中



*Volatility*、*Deficiency*和*Agcost*的系数均在1%的显著性水平下为正值,表明较高的审计风险将导致审计收费增加,并且*Robots*的系数仍显著为负,且通过了Sobel检验(*Z*统计量分别为-2.044、-4.694和-2.042)。中介效应检验结果表明,企业工业机器人应用还可能通过缓解审计师感知的审计风险进而降低审计收费水平,支持了审计风险机制假设H3。

表5 审计风险机制的中介效应检验

变量	<i>Volatility</i>	<i>Audfee</i>	<i>Deficiency</i>	<i>Audfee</i>	<i>Agcost</i>	<i>Audfee</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Robots</i>	-0.002** (-2.294)	-0.034*** (-4.192)	-0.050*** (-6.072)	-0.027*** (-3.287)	-0.045** (-2.183)	-0.034*** (-4.230)
<i>Volatility</i>		0.652*** (8.673)				
<i>Deficiency</i>				0.050*** (6.490)		
<i>Agcost</i>						0.045*** (14.821)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业/年度固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	16065	16065	15092	15092	15978	15978
Adj-R <sup>2</sup>	0.222	0.633	0.144	0.640	0.211	0.639

### (三) 稳健性检验

1.工具变量法。审计收费水平由众多影响因素决定,本文使用工具变量法以缓解可能存在的遗漏变量问题。工具变量的选取依据以下两种方法:首先,参考王永钦和董雯(2020)采用的“巴蒂克工具变量”方法,以根据美国行业层面工业机器人数据计算出的中国企业层面机器人渗透度(*Robots\_US*)作为工具变量。其次,借鉴聂飞等(2022)的方法,采用同年度同行业其他企业的工业机器人渗透度作为工具变量。同行企业具有较为相似的政策环境、产品市场以及商业发展模式,同行企业工业机器人应用规模会显著影响目标企业的工业机器人应用规模,但对目标企业审计费用水平的影响尚不确定,故满足工具变量的相关性和外生性假设。同行企业的工业机器人渗透度(*Peer\_Robots*)等于除目标企业外其他同行企业工业机器人渗透度的算术平均值。此外,本文还通过加入员工平均工资的对数、公司年龄的平方项以及地区和年度交互固定效应以控制企业劳动力成本、经营期限和不同地区逐年变化的不可观测因素对审计收费的影响。

表6列示了工具变量法的回归结果。由第(1)列可知,第一阶段回归中工具变量*Robots\_US*和*Peer\_Robots*的系数均在1%的水平下显著为正,Cragg-Donald *F*统计量大于10,说明两种工具变量对*Robots*均具有较强的解释力度,不存在弱工具变量的问题。另外,Hansen *J*检验的统计量*P*值为0.912,说明工具变量不存在过度识别的问题,满足工具变量的外生性假设。根据第二阶段回归结果

表6 工具变量法检验结果

变量	第一阶段回归	第二阶段回归	
	<i>Robots</i>	<i>Audfee</i>	<i>Audfee</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>Robots_US</i>	0.255*** (90.447)		
<i>Peer_Robots</i>	0.976*** (38.727)		
<i>Robots</i>		-0.032*** (-3.578)	-0.018* (-1.923)
控制变量	控制	控制	控制
行业/年度固定效应	控制	控制	控制
地区与年度交互固定效应	未控制	未控制	控制
样本量	16064	16064	15890
Adj-R <sup>2</sup>	0.886	0.632	

可知, *Robots*的回归系数显著为负,表明在缓解了遗漏变量的内生性问题后,本文结果仍然稳健。

2. Heckman两阶段法。尽管企业工业机器人应用主要取决于行业技术进步,但是管理层个体特征和行为决策决定了企业技术变革的方向和质量,比如董事长研发背景、高管学术经历、CEO复合职业背景等(刘冀徽等, 2022),导致不同特征的管理层应用工业机器人存在差异,由此产生解释变量非随机的自选择偏差问题。为此,本文采用Heckman两阶段法克服该内生性问题。首先,构建Probit回归模型。根据重要性原则,本文选取公司管理层个体特征作为工业机器人应用水平的工具变量,包括管理层男性人数占比、平均年龄、金融背景、海外背景和持股比例。此外,还考虑了董事长或总经理的生产工作经历、研发工作经历以及学术经历。Probit模型的被解释变量为*D\_Robots*,当*Robots*高于行业和年度中位数时取1,表示高工业机器人应用;反之则为0,表示低工业机器人应用。其次,将第一阶段回归得到的逆米尔斯比率(*IMR*)代入主回归模型重新测试。<sup>①</sup>

回归结果如表7所示,根据第(1)列可知,当管理层男性数量占比越高、平均年龄越大以及董事长或CEO越有生产工作经历时,企业工业机器人应用水平越高;而当管理层拥有海外背景、金融背景、更高持股比例以及董事长或CEO有研发工作经历时,企业工业机器人应用水平更低。第二阶段回归结果如列(2)和列(3)所示,*IMR*的系数显著为正,说明确实存在自选择偏差问题,并且*Robots*系数都在1%的水平下显著为负。这表明结论不会因自选择偏差的影响而改变。

3. 倾向得分匹配法和熵平衡法。为克服样本选择偏差的影响,本文首先采用倾向得分匹配法(PSM)进行内生性检验。将*D\_Robots*作为被解释变量,选取式(2)中的公司规模、资产负债率、产权性质、董事会规模、独立董事占比等变量作为协变量,采用Probit模型回归并计算出倾向得分数值。根据得分值按照最近邻匹配法进行一比一匹配,得到15980个公司—年度观测值,且绝大多数协变量在匹配后的实验组与控制组之间不存在显著差异,满足平衡性假设。根据PSM法回归结果可知,*Robots*的系数仍在1%水平下显著为负。为得到更可靠的结果,本文采用较为严谨的熵平衡法以克服PSM方法对协变量选取的主观性问题,从而满足自然实验的随机性和外生性特征。借鉴Francoeur等(2023)的研究,选取公司规模、资产负债率、产权性质、董事会规模、独立董事占比等变量作为协变量,此外还控制了行业固定效应和年度固定效应,重新进行Probit回归,熵平衡法检验结果仍然稳健。

4. 其他稳健性检验。第一,替换被解释变量。为考察本文研究结果是否在时间维度上具有稳定性,分别使用*t+1*期和*t+2*期的*Audfee*作为被解释变量,并重复式(2)的回归测试。第二,替换企业工业机器人渗透度的衡量方式。一是设立企业是否应用工业机器人的虚拟变量,当企业层面工业机器人渗透度大于0时,取1,视为企业应用工业机器人,反之取0,视为企业未应用工业机器人;二是根据当年行业层面工业机器人的安装量计算出企业层面机器人渗透度;三是借助文本挖掘方法,通过文本分析技术识别上市公司年报中是否出现“工业机器人”相关关键词及其

表7 Heckman两阶段法检验结果

变量	第一阶段回归	第二阶段回归	
	<i>D_Robots</i>	<i>Audfee</i>	<i>Audfee</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>Robots</i>		-0.030*** (-3.614)	-0.029*** (-3.442)
<i>IMR</i>		0.132*** (6.747)	0.483* (1.842)
管理层特征变量	控制	未控制	控制
控制变量	控制	控制	控制
行业/年度固定效应	控制	控制	控制
样本量	15 771	15 771	15 771
Pseudo R <sup>2</sup> 或Adj-R <sup>2</sup>	0.054	0.633	0.633

<sup>①</sup>逆米尔斯比率(*IMR*)等于第一阶段Probit回归估计出的因变量拟合值的概率密度函数与累积分布函数之比;管理层特征变量的数据来源于国泰安经济金融数据库(CSMAR)。

次数,并取年报中出现“工业机器人”相关关键词数量的自然对数。第三,分位数回归法。为检验工业机器人应用对审计收费的影响是否与样本分布的差异性有关,本文采用分位数回归方法(取*Robots*的50%分位数)以克服最小二乘法下一般均值回归结果的局限性。第四,敏感性检验。借鉴聂飞等(2022)的方法,采用更为严谨的公司和年度双重聚类方法修正标准误,以减小工业机器人应用降低审计收费的作用结果在同一年份企业个体间随机扰动项的差异。第五,控制其他数字化转型因素。除了人工智能技术应用外,其他数字化转型活动也可能影响审计定价水平。为此,本文在式(2)的基础上进一步控制区块链技术、云计算、大数据等数字技术应用对审计收费的影响。上述稳健性检验结果表明,无论采用何种测试方法,本文结论未有改变,进一步支持了前文研究假设。<sup>①</sup>

## 五、进一步分析

### (一)工业机器人应用影响审计收费的异质性分析

1.区分不同企业劳动密集度。制造业领域不同行业的要素密集度具有较大差异,资本密集型企业与劳动密集型企业不同的生产模式和发展导向决定了企业工业机器人应用水平。相较于资本密集型行业,劳动密集型企业以低技能劳动力为主,机器人应用对劳动者的替代程度在劳动密集型行业更强(李磊等,2021)。因此,相对于资本密集型企业,工业机器人应用对审计收费水平的抑制作用在劳动密集型企业中更加显著。为检验这一差异,本文借鉴李磊等(2021)对劳动密集型的划分,采用企业年末固定资产净额与员工总人数的比值衡量企业劳动密集度,当该指标大于行业 and 年度中位数时,定义为资本密集型企业;当小于或等于行业 and 年度中位数时,定义为劳动密集型企业。分组回归结果如表8的列(1)和列(2)所示,*Robots*的系数在资本密集型企业中负向但不显著,而在劳动密集型企业中显著为负,且通过了组间系数差异检验( $\chi^2=5.05$ , P-value=0.025),说明相对于资本密集型企业,劳动密集型企业使用工业机器人对审计收费的降低作用更明显,支持了本文的观点。

表8 异质性分析检验结果

变量	资本密集型	劳动密集型	技术密集型	非技术密集型	审计任期长	审计任期短	正常审计收费	异常审计收费
	<i>Audfee</i>	<i>Audfee</i>	<i>Audfee</i>	<i>Audfee</i>	<i>Audfee</i>	<i>Audfee</i>	<i>Nor_Audfee</i>	<i>Abn_Audfee</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>Robots</i>	-0.016 (-1.449)	-0.055*** (-4.618)	-0.034*** (-2.757)	-0.012 (-0.989)	-0.007 (-0.658)	-0.060*** (-5.227)	0.000 (0.371)	-0.039*** (-5.705)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业/年度固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	8050	7923	7178	7002	7203	8866	14222	14222
Adj-R <sup>2</sup>	0.672	0.590	0.609	0.429	0.648	0.621	0.984	0.034
组间系数差异 $\chi^2$	5.05**		1.70		10.75***		23.27***	

2.区分不同企业技术密集度。企业的技术进步水平决定了其工业智能化程度,IFR的统计数据显示,工业机器人的应用和普及大多数集中于电子、计算机、汽车等技术密集型企业。本文认为相较于非技术密集型企业,工业机器人应用对审计收费的缓解作用可能在技术密集型企业中更加显著。一方面,技术密集型企业的技术迭代速度更快,对自动化生产和智能制造的需求较高,工业机器人的使用更加主动。另一方面,技术密集型企业的技术创新能力往往较强,

<sup>①</sup>限于篇幅,倾向得分匹配法、熵平衡法和其他稳健性检验结果未列示,如有需要可联系作者。

但也面临较高的创新失败风险,甚至危及企业经营稳定性和持续经营能力,导致审计师倾向于收取更高的审计费用以对冲潜在诉讼风险。总之,与非技术密集型企业相比,技术密集型企业“机器换人”动力更强,固有审计收费水平较高,使工业机器人应用对审计收费的抑制作用更为显著。为验证这一推论,本文借鉴盛丹和卜文超(2022)的方法,按企业全要素生产率的行业和年度中位数将样本分成技术密集型企业和非技术密集型企业。表8的列(3)和列(4)报告了该异质性分析结果,Robots的系数在技术密集型企业中显著为负,而在非技术密集型企业中负向不显著,但组间系数差异不明显( $\chi^2=1.70$ , P-value=0.192),说明相对于非技术密集型企业,工业机器人应用显著降低了技术密集型企业的审计收费水平。

3.区分不同审计师任期。审计师任期是影响工业机器人应用与审计收费关系的重要治理因素。任期时间越久的审计师对被审计单位的情况越了解,审计证据收集的充分性得以保障,有助于提升审计资源配置效率并降低审计风险,从而适当调低审计定价水平。与此同时,较长的审计任期容易促使审计师与客户形成稳定的业务关系,但从独立性原则角度,审计师可能会出于业务承接和客户关系维持的考量而降低审计收费水平,甚至出现审计师独立性降低和审计意见购买等异常审计收费行为。因此,当审计师任期时间较长时,工业机器人的使用将难以对审计资源投入和审计风险起到应有的治理效果,进而对缓解审计收费的作用有限。为检验这一关系,本文根据审计师任期的行业和年度中位数将样本分成审计任期长和审计任期短两组样本。分组回归结果如表8的列(5)和列(6)所示,Robots的系数在较短审计任期下显著为负,而在较长审计任期下负向不显著,且组间系数差异显著( $\chi^2=10.75$ , P-value=0.001),说明相对于较长审计任期,审计师任期越短,工业机器人应用对审计费用的治理作用越明显。

#### (二)工业机器人应用对不同性质审计收费的影响分析

总体审计收费是正常审计收费和异常审计收费的综合表现,为全面剖析工业机器人应用与审计收费的影响关系,本文进一步从审计收费性质视角分析工业机器人应用影响审计收费的差异性。根据前文结果可知,工业机器人应用可能通过优化审计资源配置和降低审计风险进而缓解总体审计收费。进一步地,工业机器人应用能够起到一定的监督治理作用,抑制管理层人为操纵的机会主义倾向,降低管理层与审计师合谋导致的审计意见购买行为,进而缓解异常审计收费。基于此,本文认为相较于正常审计收费,工业机器人应用对异常审计收费的治理作用更显著。本文借鉴高瑜彬等(2017)的研究方法,采用审计定价模型的拟合值衡量正常审计收费(Nor\_Audfee),拟合后的残差衡量异常审计收费(Abn\_Audfee)。回归结果如表8的列(7)和列(8)所示,Robots与Nor\_Audfee正向不显著,而Robots与Abn\_Audfee在1%的水平下显著负相关,且通过了组间系数差异卡方检验( $\chi^2=23.27$ , P-value=0.000),说明工业机器人应用对总体审计收费的负向影响主要体现为异常审计收费的下降。

## 六、结论与政策建议

数字经济时代下,大数据、人工智能等先进数字技术正成为推动中国传统制造业转型升级和战略性新兴产业创新发展的重要力量,特别是近年来中国工业机器人产业的蓬勃发展,引发了学术界和实务界关于“机器换人”经济后果的深入思考,尤其是对于人工智能技术应用对微观企业治理的研究亟待拓展和丰富。基于此,本文采用2011—2019年中国A股制造业上市公司的面板数据,实证考察了工业机器人应用对审计收费的影响。本文研究发现,工业机器人应用与审计收费呈现负相关关系,即企业工业机器人的使用显著降低了事务所审计收费水平。经过

一系列稳健性检验,该结论未有改变。机制检验表明,减少审计资源投入和降低审计师的审计风险感知是工业机器人应用抑制审计收费的两种作用路径。异质性检验表明,劳动密集型、技术密集型以及较短审计师任期的企业能够进一步强化两者的负向作用关系。进一步,区分审计收费性质后发现,工业机器人应用对异常审计收费的缓解作用更显著,而对正常审计收费的影响不明显。本文一定程度上丰富了机器人应用与审计定价影响关系的相关研究,对推动制造业企业数字化转型和优化事务所审计收费决策具有借鉴意义。

本文的政策建议如下:第一,本文的研究表明工业机器人应用有助于缓解企业审计费用,具有明显的正外部性作用。对劳动密集型和技术密集型的制造业企业而言,要进一步加大工业机器人应用深度,积极向工业自动化和高端智能制造转型,借助人工智能技术应用不断提高企业生产效率,提升内部控制质量,降低经营风险和管理层财务舞弊风险,进而缓解审计费用,优化企业经营成本结构。第二,本文的研究发现工业机器人应用有助于减少审计资源投入并降低审计师的风险感知。对会计师事务所而言,尽管工业机器人应用对审计业务收入产生一定的负面冲击,但是有助于审计师合理安排审计资源,降低审计诉讼风险。因此,当审计客户的工业自动化水平较高时,事务所应根据实际情况合理安排审计业务承接和审计资源投入,抑或调整所内业务结构,从而在审计收入和诉讼风险之间取得平衡。第三,对政府部门而言,应进一步加强机器人产业扶持力度,尤其是对于工业智能化转型较为困难的劳动密集型企业 and 资金需求较高的技术密集型企业,通过实施积极的财政补贴、税收优惠、提供员工数字培训等制度性安排激励企业向智能制造转型,为促进人工智能技术与实体企业融合、降低企业经营成本以及推动经济高质量发展提供良好的制度环境。

本文的研究局限性在于:一是本文适用于双重差分(DID)方法开展研究,但是囿于目前仅可获得行业层面的机器人应用数据,较难依据企业实际机器人使用情况进行DID分析,未来随着上市公司机器人应用信息披露的增多,可作进一步的因果识别研究;二是由于工业机器人数据的单一性,较难对工业机器人类型和质量等特征进行多角度剖析,未来可深入研究简单工业机器人应用与智能工业机器人应用对审计收费的影响差异;三是由于工业机器人渗透度指标构建和研究问题的特殊性,本文未采用个体固定效应模型以缓解遗漏变量问题,随着数据颗粒度的提升,未来可采用更加严谨的个体固定效应模型加以检验。

#### 主要参考文献:

- [1] 陈宋生,田至立. 往期审计风险的定价作用与传导机理[J]. 审计研究,2019,(1).
- [2] 褚剑,秦璇,方军雄. 经济政策不确定性与审计决策——基于审计收费的证据[J]. 会计研究,2018,(12).
- [3] 高瑜彬,廖芬,刘志洋. 异常审计费用与证券分析师盈余预测有效性——基于我国A股上市公司的证据[J]. 审计研究,2017,(4).
- [4] 胡耘通,刘道钦,黄冠华. 税收规避与审计收费[J]. 会计研究,2021,(9).
- [5] 黄贤环,王瑶. 集团内部债务担保与审计定价:风险扩散还是风险中和[J]. 上海财经大学学报,2021,(1).
- [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).
- [7] 梁日新,李英. 年报文本语调与审计费用——来自我国A股上市公司的经验数据[J]. 审计研究,2021,(5).
- [8] 刘冀徽,田青,吴非. 董事长研发背景与企业数字化转型——来自中国上市企业年报文本大数据识别的经验证据[J]. 技术经济,2022,(8).
- [9] 倪静洁,郭檬楠. 工业机器人应用如何影响企业内部控制质量?[J]. 经济与管理研究,2023,(6).
- [10] 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).

- [11] 戚聿东, 肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. 管理世界, 2020, (6).
- [12] 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).
- [13] 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, (10).
- [14] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004, (5).
- [15] 吴武清, 赵越, 苏子豪. 企业信息化建设与审计费用——数字化转型时期的新证据[J]. 审计研究, 2022, (1).
- [16] 邢立全, 陈汉文. 产品市场竞争、竞争地位与审计收费——基于代理成本与经营风险的双重考量[J]. 审计研究, 2013, (3).
- [17] 许怡, 许辉. “机器人换人”的两种模式及其社会影响[J]. 文化纵横, 2019, (3).
- [18] 杨德明, 夏小燕, 金淞宇, 等. 大数据、区块链与上市公司审计费用[J]. 审计研究, 2020, (4).
- [19] 翟华云, 李倩茹. 企业数字化转型提高了审计质量吗?——基于多时点双重差分模型的实证检验[J]. 审计与经济研究, 2022, (2).
- [20] 张永坤, 李小波, 邢铭强. 企业数字化转型与审计定价[J]. 审计研究, 2021, (3).
- [21] 朱春艳, 伍利娜, 田利辉. 代理成本、弹性信息披露对审计收费的影响[J]. 会计研究, 2017, (7).
- [22] 祝合良, 王春娟. “双循环”新发展格局战略背景下产业数字化转型: 理论与对策[J]. 财贸经济, 2021, (3).
- [23] 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).
- [24] Acemoglu D, Restrepo P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets[J]. *Journal of Political Economy*, 2020, 128(6): 2188–2244.
- [25] Appelbaum D, Kogan A, Vasarhelyi M A. Big data and analytics in the modern audit engagement: Research needs[J]. *AUDITING: A Journal of Practice & Theory*, 2017, 36(4): 1–27.
- [26] Beneish M D, Billings M B, Hodder L D. Internal control weaknesses and information uncertainty[J]. *The Accounting Review*, 2008, 83(3): 665–703.
- [27] Bloom N, Garicano L, Sadun R, et al. The distinct effects of information technology and communication technology on firm organization[J]. *Management Science*, 2014, 60(12): 2859–2885.
- [28] DeFond M, Zhang J Y. A review of archival auditing research[J]. *Journal of Accounting and Economics*, 2014, 58(2–3): 275–326.
- [29] Francoeur C, Li Y T, Singer Z, et al. Earnings forecasts of female CEOs: Quality and consequences[J]. *Review of Accounting Studies*, 2023, 28(3): 1721–1764.
- [30] Graetz G, Michaels G. Robots at work[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 2018, 100(5): 753–768.
- [31] Kim Y, Li H D, Li S Q. CEO equity incentives and audit fees[J]. *Contemporary Accounting Research*, 2015, 32(2): 608–638.
- [32] Koch M, Manuylov I, Smolka M. Robots and firms[J]. *The Economic Journal*, 2021, 131(638): 2553–2584.
- [33] Lyon J D, Maher M W. The importance of business risk in setting audit fees: Evidence from cases of client misconduct[J]. *Journal of Accounting Research*, 2005, 43(1): 133–151.
- [34] Perez C. Technological revolutions and techno-economic paradigms[J]. *Cambridge Journal of Economics*, 2010, 34(1): 185–202.
- [35] Simunic D A. The pricing of audit services: Theory and evidence[J]. *Journal of Accounting Research*, 1980, 18(1): 161–190.
- [36] Simunic D A, Stein M T. The impact of litigation risk on audit pricing: A review of the economics and the evidence[J]. *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 1996, 15: 119–134.
- [37] Venkataraman R, Weber J P, Willenborg M. Litigation risk, audit quality, and audit fees: Evidence from initial public offerings[J]. *The Accounting Review*, 2008, 83(5): 1315–1345.
- [38] Zhong R. Transparency and firm innovation[J]. *Journal of Accounting and Economics*, 2018, 66(1): 67–93.

# The Spillover Effect of Industrial Robot Applications on Audit Fees: Evidence from China's Listed Manufacturing Companies

Du Yaguang<sup>1</sup>, He Ying<sup>1</sup>, Tian Mafei<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China; 2. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Summary:** The report to the 20th National Congress of the Communist Party of China emphasized the need to “promote the high-end, intelligent, and green development of the manufacturing industry”. With the continuous deepening of AI technology, industrial robots have become an essential component driving the high-quality development of the national economy, known as the “pearl at the top of the manufacturing crown”. In response to the significant demand for national digital economic governance, as important external stakeholders of enterprises, auditors’ decision-making is predominantly affected by the “machine replacement” effect through changing the structure of production factors, management patterns, and financial performance of enterprises. However, the academic community’s attention to the exploration of this issue still needs to be improved.

Based on the data of listed companies in China’s A-share manufacturing industry from 2011 to 2019, from the spillover effect perspective, this paper explores the impact of industrial robot applications at the enterprise level on audit fees under the techno-economic paradigm and audit pricing theories. The results show that industrial robot applications in enterprises significantly reduce audit fees, and the conclusion still holds after conducting the IV approach, Heckman two-step method, PSM, and other robustness tests. Mechanism testing shows that industrial robot applications inhibit audit fees by reducing audit resource investment and alleviating audit risk perception. Heterogeneity testing indicates that the negative impact of industrial robot applications on audit fees is more significant in labor-intensive, technology-intensive, and shorter auditor tenure enterprises. Finally, by decomposing the nature of audit fees, it is found that industrial robot applications have a more substantial governance effect on abnormal audit fees than normal ones.

The conclusions prove that industrial robot applications in enterprises have a spillover effect on audit fees, which helps to expand the research on the economic consequences of industrial robot applications to the level of external auditors, and enriches the research on the influencing factors of audit pricing from the perspective of AI technology application. In terms of policy implications, the research findings have important reference significance for the government to improve policies on the robotics industry, for enterprises to promote high-end intelligent manufacturing, and for auditors to optimize pricing decisions.

**Key words:** industrial robots; audit fees; AI technology; audit resources; audit risk

(责任编辑: 王西民)