

人机协同能增强企业韧性吗？

罗栋梁¹, 刘博雅², 王彦¹

(1. 江苏师范大学 商学院, 江苏 徐州 221116; 2. 天津工业大学 经济与管理学院, 天津 300387)

[摘要]在技术变革与环境不确定性交织的背景下,韧性成为衡量企业危机应对与可持续发展的核心能力。以2010—2023年沪深A股上市公司为样本,构建人机协同与企业韧性测度指标,实证分析人机协同对企业韧性的影响及其作用机制。研究发现,人机协同显著提升了企业在面对外部冲击时的抵抗能力与恢复能力。机制检验表明,人机协同通过降低代理成本与融资约束等降低治理成本,通过降低投资偏离程度、减少超额雇员等提升配置效率,从而增强企业韧性。异质性分析表明,该影响在机器人渗透度较高、所处行业竞争程度较低,且未位于国家级大数据实验区的企业中表现得更加显著。研究结论丰富了人机协同与企业韧性研究的理论内涵,并为企业在不确定性环境下通过技术嵌入提升韧性水平提供了新思路。

[关键词]人机协同;企业韧性;代理成本;融资约束;投资偏离程度;超额雇员;行业竞争程度

[中图分类号]F275 **[文献标志码]**A **[文章编号]**2096-3114(2025)06-0090-11

一、引言

当前,全球正经历着一场以数字技术为核心的经济变革,以人工智能、大数据、物联网等为代表的新兴技术日益成为推动经济高质量发展的重要引擎。我国政府高度重视数字经济发展,《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》^①明确提出要加快数字化发展,培育壮大人工智能、大数据、区块链、云计算、网络安全等新兴数字产业。

然而,如何利用好人工智能,不同的企业有不同的方案。若人工智能仅围绕“工具替代”逻辑展开,即强调智能机器通过自动化替代人类劳动来提升组织效率,这种单向投入以提升效率的线性框架难以产生稳定的效果^[1]。人机协同作为智能机器嵌入企业治理的一种逻辑路径,越来越受到关注。人机协同通常体现为包括智能机器辅助人、人辅助智能机器、人监督智能机器与智能机器监督人的多维互动形式,构成一个持续博弈、动态反馈的协作生态^[2]。它强调企业要构建一个人与智能机器共同参与、持续互动、互补赋能的动态系统,为企业在复杂情境下构建具备判断、抵抗与恢复能力的“韧性系统”提供了理论与实践的新范式。Wu等发现^[3],机器学习中引入人类参与可优化模型反馈路径,得到更低成本、更高精度的预测结果。Shang等揭示了人机协作增强企业动态能力、推动可持续商业模式创新的机制路径^[4]。Martin等则强调了人机协作过程中信息共享程度的重要性,认为有效的双向沟通可显著提高合作效率与用户体验^[5]。这种机制能够突破传统工业机器人依赖“预设指令与固定流程”的局限,更适用于风险环境下的弹性调度与认知重构型组织情境。因此,在人机协同背景下如何有效提升企业韧性,厘清人机协作赋能企业韧性的内在逻辑与作用机理,强化企业在复杂的经济环境中防范外部风险、化解内部压力的能力,已成为保障经济稳定循环、实现可持续发展的重要课题。

[收稿日期]2025-02-01

[基金项目]国家自然科学基金项目(72002085)

[作者简介]罗栋梁(1972—),男,重庆人,江苏师范大学商学院教授,硕士生导师,主要研究方向为财务管理与公司治理,邮箱:dongliang@163.com;刘博雅(2002—),女,河北邯郸人,天津工业大学经济与管理学院硕士生,主要研究方向为公司金融;王彦(1984—),女,江苏盐城人,江苏师范大学商学院讲师,硕士生导师,主要研究方向为企业专业化管理。

^①详见:https://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm。

基于此,本文以2010—2023年沪深A股上市公司为样本,从治理成本与配置效率两个维度分析了人机协同对企业韧性的影响及作用机制。相较于已有研究,本文的边际贡献主要体现在以下三方面:第一,本文首次从人机协同的视角探讨了企业韧性的形成机制,深化了人工智能等对企业影响的研究。相对于人工智能,人机协同强调智能机器与劳动者之间在认知、任务与组织层面的深度耦合,更能反映企业内部“人机协作结构”的耦合性。从人机协同的视角探讨其对企业韧性的影响,既体现智能机器技术的部署水平对企业韧性的影响,也强调人力资本结构与智能机器之间的匹配程度与互动深度对企业韧性的影响,从而深化了人工智能对企业影响的研究。第二,本文构建了人机协同增强企业韧性的双路径分析框架,拓展了企业韧性研究的理论边界。本文构建了“技术嵌入—治理优化—韧性生成”的系统性逻辑链条,为理解人机协同与企业韧性之间的因果关系提供了理论依据与实证支持。第三,本文发现了人机协同影响企业韧性的不同特征。通过对工业机器人渗透度、盈余管理倾向、行业竞争程度以及区域发展环境等多个维度的异质性分析,本文揭示了不同情境下人机协同对企业韧性的差异化作用。研究结论不仅丰富了技术变革下企业治理动态适应性的实证基础,也为政策制定者和企业管理者在不同背景下实施差异化的人机协同战略提供了理论参考。

二、理论分析与研究假设

(一) 人机协同对企业韧性的影响

第一,人机协同能够赋予组织更强的响应优势,从而提升企业韧性。郭震等发现^[6],人工智能能够显著提升企业竞争力。而人机协同通过扩展组织的信息处理带宽、压缩决策链条,使企业在面对环境变化时能够更快地识别风险、协调资源并调整流程,显著缩短从感知到行动的时间差。这种快速而精准的响应能力,是组织在高度不确定性环境中保持稳定运作和持续恢复的关键基础。已有研究也为这一观点提供了实证支持。在制造业领域,许晖等梳理出人类与智能机器在预测、探索与互动三个阶段的协同演进过程^[7],发现人机融合可以重构传统决策流程,应对高复杂度制造场景中的不确定性,从而增强了企业韧性。在审计与监管行业,Amy等指出^[8],智能机器作为“智能助手”协同会计师进行异常识别与风险评估,显著提升了流程的透明度与响应速度,帮助企业更有效应对监管变化与环境波动,从而增强了企业韧性。在服务导向型产业中,Edeh等的研究表明^[9],组织通过嵌入智能机器驱动的反饋系统,能够在酒店管理中实现更高频率的信息交互与快速策略调整,从而增强了其面对突发事件的恢复能力。这些研究共同印证了人机协同所带来的组织响应优势,是企业韧性形成的重要支撑。

第二,人机协同能够从感知、判断与执行等关键维度形成互补的认知体系,从而提升企业韧性。根据动态能力理论,企业在高度不确定性的环境中保持竞争优势的关键就在于其对资源的快速感知、有效整合与灵活配置能力^[10]。人机协同从感知、判断、执行等关键维度提高企业的配置效率,进而提高企业韧性。在感知维度上,注意力基础观认为协同有助于放大有效线索、抑制噪声干扰,从而提高异常识别的敏感度;刘广等发现^[11],通过人机之间的知识耦合与认知建模可实现高效信息处理,显著强化组织的快速感知能力。在判断维度上,动态能力视角强调在不确定性环境中进行敏捷权衡,人机协同通过结合机器的模式识别与预测优势和人的语境理解与价值取舍,提升应对路径的灵活性与有效性;张亚莉等提出的“合作型人机决策框架”亦印证了这一点^[12]。在执行维度上,社会技术系统理论认为,协同能够促进资源快速重配与流程闭环调整,形成“实时反馈—即时校正—持续迭代”的运行机制。由此,人机协同在感知、判断与执行各环节协同发力,使企业在冲击情境中更快恢复并保持关键功能,从而提升企业韧性。

第三,人机协同为企业提供更具弹性的运行逻辑与制度基础,进而提升企业韧性。从制度理论视角看,制度安排不仅是规范行为的约束,也塑造组织的适应方式。人机协同通过将智能规则编码与人类价值判断结合,正在重塑企业的认知结构和制度逻辑,使制度不再是僵化执行的形式合规,而成为可随情

境调整的实质适配。祁凡骥和朱亮认为^[13]，“AI 规则编码 + 人类价值判断”可实现文书治理从形式合规向实质适配转型，为企业提供更弹性、更稳定的制度框架。人机协同提升了企业对单一危机的响应效能，更推动了组织制度与能力再造，是构建面向未来复杂环境的关键支撑力量。

据此，本文提出如下假设：

假设 H1：人机协同能够增强企业韧性。

（二）人机协同影响企业韧性的路径分析

1. 治理成本方面

人机协同嵌入企业治理结构既提升了监督执行的客观性与高频性，又保留了人类判断的情境适应能力，从而在降低治理成本的基础上增强企业的组织韧性。首先，人机协同有助于构建基于行为数据与智能合约的激励契约机制，降低代理成本，从而增强企业韧性。借助算法对劳动者与管理层行为的量化记录，企业得以制定更具差异化和响应性的绩效激励方案，并减少人为干预下的道德风险，在根本上强化股东与代理人之间的目标一致性。Ren 和 Cheng 发现^[14]，企业的智能机器重构了代理激励结构，使目标一致性与透明度得到实质性改善，增强了企业的持续创新与抗风险能力，从而增强企业韧性。其次，人机协同强化了以技术为主导的实时监督与反馈机制，显著降低了依赖人力审计与事后纠偏的治理成本，从而增强企业韧性。一方面，人工智能、区块链与数字孪生等颠覆性智能机器技术深度嵌入企业运营流程，其自动化、透明化与实时响应能力对传统监督治理模式构成替代，减少代理成本，在减少人为干预和治理失灵的同时增强企业面对外部冲击的韧性。另一方面，人机协同中的智能机器能够优化原有高成本、滞后性的内部控制体系，对异常行为进行持续的识别与智能预警，能够在道德风险发生早期形成约束，从而减少代理成本。最后，人机协同助力治理结构扁平化，缩短了组织内部的指令传导链条，提高了企业应对突发事件的响应速度，从而减少代理成本，增强企业韧性。企业的人机协同实现了智能机器整合与人力重构之间的动态平衡，能够在环境波动中保持结构敏捷性与高效应变能力，提升企业在不确定性情境下的韧性表现。

融资约束是企业应对外部不确定性时面临的重要障碍，人机协同在增强信息处理能力的同时，保留了应对复杂融资情境的灵活性，在信息表达、风险识别与融资匹配等关键环节提升了企业与金融资源之间的对接效率，从而增强企业韧性。首先，人机协同提升了企业信用信息的结构化表达能力，增强了其在信贷关系中的数据可信度，缓解融资约束。人机协同下的智能机器能够自动采集并归纳企业的经营数据、非财务指标与合规行为，使企业得以更高频率地向金融机构传递自身的经营稳健性，为信贷评估提供连续性、客观性的依据。进而有助于提升市场信任与声誉基础，降低债务融资成本，增强资金调度的灵活性。其次，人机协同下智能机器的引入重塑了企业的风险识别与响应路径，提升了金融机构对其信用状况的信心。通过人机交互式的风险管理机制，企业能够更早识别并应对潜在风险，从而显著降低融资方对违约风险的主观预期，增强其信贷投放意愿。Bussmann 等发现^[15]，基于 Shapley 值的智能机器模型可以提升信用评分的可解释性，使金融机构更清晰地理解借款企业的风险特征，从而缓解融资过程中的信息不对称问题，降低企业的融资成本。最后，人机协同还优化了融资谈判过程中的沟通效率与信用共识的形成机制。相较于传统智能机器的单向输出，人机协同通过引入人工判断与反馈机制，提高了模型的解释力与融资方案的可接受性，帮助企业在信用评估过程中与金融机构达成更高层次的信息一致与信任认同。基于此，人机协同能够提升组织边界的沟通协调性与应答弹性，在信用互动中为企业争取更稳定的资金支持。

据此，本文提出如下假设：

假设 H2：人机协同通过降低治理成本，从而增强企业韧性。

2. 配置效率方面

降低投资偏离程度、增强系统调节能力^[16]，是人机协同助力企业构建韧性的核心机制之一。人机协同具备对外部环境变化的快速感知与经营策略调节能力，使用人机协同系统的企业资源配置结构呈现出更强的灵活性与自适应性，从而提升企业韧性。首先，人机协同减少了对投资偏离的预期。相较于

传统被动响应式调配模式,人机协同通过引入基于任务预测与多目标优化的协同调度机制,使企业能够识别潜在的资源瓶颈与错配风险,构建更具前瞻性的投资模型。此外,在智能制造环境中,物联网、云计算与人工决策系统的集成可通过预测性维护实现资源优化配置,显著提升资源管理的稳定性,助力企业在复杂环境下降低投资偏离程度,从而提升企业韧性。其次,人机协同有助于企业识别、释放冗余资源,降低投资偏离程度,从而提升企业韧性。在传统企业中,资金配置常受流程刚性与信息不对称的制约,导致产能浪费与设备闲置等问题。而在人机协同下,智能机器不仅可以通过提升资产周转效率与运营资源使用率,有效优化企业整体的资源结构,而且生成式人机协同所具备的规模化数据处理能力与推理机制,为企业推进资源的精简化与重构化提供了关键支撑。最后,人机协同显著增强了企业内部跨部门资源流动与结构整合能力,降低投资偏离程度,从而提升企业韧性。借助人机协同中智能机器对资源状态与流程进度的管理,企业得以突破组织边界,实现资源从“条块分割”向“系统统筹”的重构。崔圣君等发现^[17],基于人工智能的产业协同网络能够有效提升企业间及企业内部的资源统筹与整合水平,增强组织整体的协调能力与运行稳定性。因此,人机协同在资源配置层面通过预测性调度、冗余资源复用与跨部门资源整合等方式,为企业在复杂环境中实现高效调节与快速恢复提供了坚实支撑。

人机协同基于实时数据驱动与算法优化,通过引入智能机器与人力资源之间的深度协作机制,能够实现对任务对象与执行者的高效匹配,减少超额雇员,提升人力在时间与空间维度的协同调配效率。首先,人机协同显著优化了任务分工结构,减少了超额雇员,从而增强企业韧性。人机协同下,企业通过智能机器完成标准化、重复性强的流程任务,让人力资源得以聚焦于具有判断性与创造性的非结构化任务。Ghobakhloo 和 Fathi 发现^[18],在人机实现初步协同后,原本由人工承担的例行任务被大规模替代,人力由此向需求导向型与项目型任务迁移,从而实现了任务结构的动态协同与效率跃升。其次,人机协同促进了劳动力技能结构的动态升级与横向迁移,也会减少超额雇员,从而增强企业韧性。在与智能机器协作的过程中,劳动者需持续适应技术更新、理解系统反馈,从而推动劳动者技能从操作型向学习型转化。谢小云等发现^[19],人机协同系统中的持续交互有助于劳动者形成“技能叠加—能力重构”的迭代路径。最后,人机协同会显著增强企业用工方式的灵活性与配置弹性,减少超额雇员,从而增强企业韧性。Rahmandad 和 Ton 认为^[20],在人机协同下,数字化与智能机器的融合为人员调度带来按需配置能力,使企业在订单波动、需求不稳的环境中具备更强的快速重组与弹性调节能力。而且,人机协同能够实现知识共享与持续学习,提升跨岗位的技能配置与应急响应效能,减少超额雇员,从而增强企业韧性。

据此,本文提出如下假设:

假设 H3: 人机协同通过提升配置效率,从而增强企业韧性。

三、研究设计

(一) 模型设定

为验证人机协同对企业韧性的影响,本文建立如下基准回归模型(1):

$$Res_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 MC_{i,t} + \beta_2 Controls_{i,t} + \mu_i + v_t + \varepsilon \quad (1)$$

其中, β_0 为截距项,下标*i*表示企业,*t*表示时间, $Res_{i,t}$ 为企业韧性, $MC_{i,t}$ 为人机协同, $Controls_{i,t}$ 为一系列的控制变量, v_t 、 μ_i 分别表示年份、公司固定效应, ε 为随机误差项。根据前文的理论分析,若系数 β_1 显著为正,则说明人机协同能够提高企业韧性。

为检验人机协同对企业韧性影响的路径,参考温忠麟和叶宝娟的做法^[21],本文构建如下模型:

$$M_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 MC_{i,t} + \gamma_2 Controls_{i,t} + \mu_i + v_t + \rho \quad (2)$$

$$Res_{i,t} = \delta_0 + \delta_1 MC_{i,t} + \delta_2 M_{i,t} + \delta_3 Controls_{i,t} + \mu_i + v_t + \tau \quad (3)$$

其中, $M_{i,t}$ 为中介变量,其他变量的定义同模型(1)。

(二) 变量选取

1. 被解释变量

参考已有研究中企业韧性(*Res*)的衡量方式^[22-24],本文在指标设计上从“抵抗能力”与“恢复能力”两个核心维度出发,采用熵值法进行加权整合,构建涵盖内外部运营特征的多元指标体系。

2. 解释变量

相较于人工智能等传统变量,人机协同更是一种反映企业内部人机协作结构的耦合性指标,既体现人工智能技术的部署水平,也强调人力资本结构与智能机器之间的匹配程度与互动深度^[25-26]。基于此,本文将人机协同结构(*Match*)界定为一种体现技术系统与组织能力协同状态的复合变量,并在此基础上构建核心解释变量。

本文还计算了人机协同水平(*Match_mad*),通过将上市公司年报 MD&A 部分人工智能关键词数量加 1 取自然对数,代入人机协同测度模型,用以衡量企业在人工智能技术投入程度与人力资本结构之间的匹配协调水平。

3. 中介变量

(1) 代理成本(*AC*)。参考 Ang 等的研究^[27],采用资产周转率,即营业收入与平均资产总额之比,作为代理成本的代理变量。资产周转率的数值越高,企业的治理效率越高,代理问题越弱。

(2) 融资约束(*WW*)。融资约束是指企业因外部资本获取受限而无法及时获得所需资金的状态,特别是在面对突发风险时,融资受限的企业往往难以及时调配资源、维持运营稳定。本文采用 *WW* 指数测度企业的融资约束状况,数值越高表明企业受到的融资约束越严重。

(3) 投资偏离程度(*Overinvest*)。本文参考 Richardson 的方法^[28],对企业的正常投资水平进行预测,并以此为基准评估其投资偏离程度。本文构建超额投资值作为企业投资偏离程度的指标,其中负值被设定为 0,以突出资源未能有效配置的情形。

(4) 超额雇员(*EL*)。超额雇员指的是劳动资源在不同部门或任务之间的分配是否能够实现经济产出的最大化,它能够衡量劳动要素是否被合理分配到最具生产力的岗位、行业,以实现企业整体生产效率的最优。本文参考曾庆生和陈信元的做法计算企业雇员偏离度^[29]。

4. 控制变量

本文选取产权性质(*SOE*)、企业规模(*Size*)、权益乘数(*EM*)、总资产净利润率(*ROA*)、营业收入增长率(*Growth*)、应收账款占比(*Rec*)、存货占比(*Inv*)、管理费用率(*Mfee*)、成立年限(*FirmAge*)、管理层持股比例(*Mshare*)、股权集中度(*Herfindahl*)作为控制变量。此外,本文还控制了年份、公司个体。具体变量定义如表 1 所示。

表 1 变量定义

变量类型	变量符号	变量名称	变量说明
被解释变量	<i>Res</i>	企业韧性	如上文所述
解释变量	<i>Match</i>	人机协同结构	如上文所述
	<i>Match_mad</i>	人机协同水平	如上文所述
	<i>AC</i>	代理成本	如上文所述
中介变量	<i>WW</i>	融资约束	如上文所述
	<i>Overinvest</i>	投资偏离程度	如上文所述
	<i>EL</i>	超额雇员	如上文所述
控制变量	<i>SOE</i>	产权性质	国有企业取值为 1
	<i>Size</i>	企业规模	总资产的自然对数
	<i>EM</i>	权益乘数	总资产/净资产
	<i>ROA</i>	总资产净利润率	净利润/总资产
	<i>Growth</i>	营业收入增长率	当年营业收入/上年营业收入 - 1
	<i>Rec</i>	应收账款占比	应收账款净额/总资产
	<i>Inv</i>	存货占比	存货/总资产
	<i>Mfee</i>	管理费用率	管理费用/营业收入
	<i>FirmAge</i>	成立年限	ln(当年年份 - 上市年份 + 1)
	<i>Mshare</i>	管理层持股比例	高管持股总数/公司总股本
	<i>Herfindahl</i>	股权集中度	前五大股东持股比例平方和

(三) 样本选择与数据来源

本文以沪深 A 股 2010—2023 年上市公司为样本。同时,剔除 ST 和 PT 的企业,剔除上市时间小于 1 年的企业,剔除缺失值过多的企业样本,最终得到 22586 个样本。企业财务数据主要来自 CSMAR 数

数据库和 Wind 数据库,上市公司年报文本来自新浪财经网站。同时,为了消除异常值的影响,对关键变量进行了上下 1% 的缩尾处理。

四、实证结果与分析

(一) 描述性统计

表 2 展示了主要变量的描述性统计结果。企业韧性(*Res*) 的均值为 0.267,标准差为 0.056,说明样本整体在韧性表现上差异不大,大多数企业具备一定程度的应变与恢复能力。人机协同结构(*Match*) 的均值为 0.290,最大值达到 0.868,最小值为 0,表明样本企业人机协同应用层面的差异明显。人机协同水平(*Match_mad*) 的均值仅为 0.211,说明仅有部分企业实现了较高程度的技术融合。

(二) 相关性分析

皮尔森相关性分析显示(限于篇幅未列示,留存备索),*Res* 与 *Match*、*Match_mad* 的相关系数分别为 0.018、0.034,在 1% 的水平上显著,初步验证了假设 H1。同时,本文进行了 VIF 方差膨胀因子检验,检验发现方差膨胀因子平均值为 1.28,远小于 10,说明不存在严重的多重共线性问题。其余变量大多存在显著的相关关系,证实了本文所选取的变量较为合适。

(三) 基准回归

表 3 展示了基准回归结果。*Match* 的回归系数为 0.008、0.009,在 1% 的水平上显著;*Match_mad* 的回归系数为 0.006、0.005,在 1% 的水平上显著,表明人机协同对企业韧性具有显著的正向影响。从经济意义上看,人机协同每增加一个标准差 0.288,会使企业韧性增加约 0.003。考虑到 *Res* 的平均值为 0.267,这相当于增加了约 1.1% 的企业韧性。假设 H1 得以验证。

(四) 稳健性检验和内生性检验

本文做了更换核心变量、更换样本区间、持续性检验等稳健性检验,以及倾向得分匹配、Heckman 两阶段检验、遗漏变量偏误检验和工具变量法等内生性检验(限于篇幅未列示,留存备索)。结果显示,人机协同与企业韧性的关系与前文假设保持一致。

表 2 描述性统计

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Res</i>	22586	0.267	0.056	0.181	0.434
<i>Match</i>	22586	0.29	0.288	0	0.868
<i>Match_mad</i>	22586	0.211	0.278	0	0.866
<i>SOE</i>	22586	0.248	0.432	0	1
<i>Size</i>	22586	22.028	1.127	19.847	25.98
<i>EM</i>	22586	1.865	0.922	1.032	7.359
<i>ROA</i>	22586	0.041	0.061	-0.362	0.238
<i>Growth</i>	22586	0.275	0.589	-0.738	3.959
<i>Rec</i>	22586	0.141	0.098	0	0.496
<i>Inv</i>	22586	0.129	0.09	0	0.56
<i>Mfee</i>	22586	0.084	0.059	0.008	0.455
<i>FirmAge</i>	22586	2.91	0.323	1.386	3.664
<i>Mshare</i>	22586	0.189	0.211	0	0.723
<i>Herfindahl</i>	22586	0.152	0.106	0.011	0.588

表 3 基准回归结果

	(1) <i>Res</i>	(2) <i>Res</i>	(3) <i>Res</i>	(4) <i>Res</i>
<i>Match</i>	0.008 *** (5.458)	0.009 *** (5.945)	<i>Match_mad</i>	0.006 *** (4.470)
<i>SOE</i>		0.004 *** (3.205)	<i>SOE</i>	0.004 *** (3.214)
<i>Controls</i>	控制	控制	<i>Controls</i>	控制
常数项	0.264 *** (603.734)	0.292 *** (14.485)	常数项	0.265 *** (953.836)
年度/公司	Yes	Yes	年度/公司	Yes
样本量	21985	21201	样本量	21985
adj. R ²	0.707	0.709	adj. R ²	0.707
F	29.786 ***	35.021 ***	F	19.982 ***

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著,括号中为 t 值。下同。

五、作用机制分析^①

(一) 降低企业治理成本

1. 降低代理成本。表 4 列(2)、列(5)中,*Match*、*Match_mad* 的回归系数分别为 0.023、0.032,在 5% 和 1% 的水平上显著;列(3)、列(6)是在加入中介变量后的回归结果,*Match*、*AC* 的回归系数分别为 0.009、0.003,*Match_mad*、*AC* 的回归系数分别为 0.005、0.003,在 1% 的水平上显著。这表明人机协同确

^①本文验证中介效应的稳健性,进行 1000 次 Bootstrap 抽样检验和 Sobel 检验,结果显示,结论均稳健。

实能够提升资产周转率,降低代理成本,进而提升企业韧性。

表4 代理成本机制

	(1) <i>Res</i>	(2) <i>AC</i>	(3) <i>Res</i>		(4) <i>Res</i>	(5) <i>AC</i>	(6) <i>Res</i>
<i>Match</i>	0.009 *** (5.945)	0.023 ** (2.380)	0.009 *** (5.907)	<i>Match_mad</i>	0.005 *** (4.070)	0.032 *** (3.593)	0.005 *** (4.003)
<i>AC</i>			0.003 ** (2.282)	<i>AC</i>			0.003 ** (2.279)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	<i>Controls</i>	控制	控制	控制
常数项	0.292 *** (14.485)	1.841 *** (8.750)	0.287 *** (14.153)	常数项	0.292 *** (14.418)	1.855 *** (8.810)	0.287 *** (14.082)
年度/公司	Yes	Yes	Yes	年度/公司	Yes	Yes	Yes
样本量	21201	22294	21201	样本量	21201	22294	21201
adj. R^2	0.709	0.700	0.709	adj. R^2	0.709	0.701	0.709
F	35.021 ***	95.033 ***	32.575 ***	F	33.242 ***	95.954 ***	30.997 ***

2. 缓解融资约束。表5列(2)、列(5)中,*Match*、*Match_mad*的回归系数分别为-0.011、-0.014,在1%的水平上显著;列(3)、列(6)是在加入中介变量后的回归结果,*Match*、*WW*的回归系数分别为0.010、-0.078,*Match_mad*、*WW*的回归系数分别为0.007、-0.078,在1%的水平上显著。这表明人机协同确实能够缓解融资约束,进而提升企业韧性。

表5 融资约束机制

	(1) <i>Res</i>	(2) <i>WW</i>	(3) <i>Res</i>		(4) <i>Res</i>	(5) <i>WW</i>	(6) <i>Res</i>
<i>Match</i>	0.009 *** (5.945)	-0.011 *** (-4.466)	0.010 *** (6.117)	<i>Match_mad</i>	0.005 *** (4.070)	-0.014 *** (-6.813)	0.007 *** (4.282)
<i>WW</i>			-0.078 *** (-10.714)	<i>WW</i>			-0.078 *** (-10.799)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	<i>Controls</i>	控制	控制	控制
常数项	0.292 *** (14.485)	0.026 (0.812)	0.259 *** (12.235)	常数项	0.292 *** (14.418)	0.022 (0.691)	0.258 *** (12.188)
年度/公司	Yes	Yes	Yes	年度/公司	Yes	Yes	Yes
样本量	21201	18604	17795	样本量	21201	18604	17795
adj. R^2	0.709	0.730	0.725	adj. R^2	0.709	0.731	0.724
F	35.021 ***	275.933 ***	37.436 ***	F	33.242 ***	272.177 ***	36.186 ***

(二) 提升配置效率

1. 降低投资偏离程度。表6列(2)、列(5)中,*Match*、*Match_mad*的回归系数分别为-0.013、-0.023,在1%的水平上显著;列(3)、列(6)是在加入中介变量后的回归结果,*Match*、*Overinvest*的回归系数分别为0.006、-0.006,在1%和5%的水平上显著,*Match_mad*、*Overinvest*的回归系数分别为0.004、-0.006,在1%和5%的水平上显著。这表明人机协同确实能够降低投资偏离程度,进而提升企业韧性。

表6 投资偏离程度机制

	(1) <i>Res</i>	(2) <i>Overinvest</i>	(3) <i>Res</i>		(4) <i>Res</i>	(5) <i>Overinvest</i>	(6) <i>Res</i>
<i>Match</i>	0.009 *** (5.945)	-0.013 *** (-2.830)	0.006 *** (4.804)	<i>Match_mad</i>	0.005 *** (4.070)	-0.023 *** (-5.597)	0.004 *** (3.635)
<i>Overinvest</i>			-0.006 ** (-2.368)	<i>Overinvest</i>			-0.006 ** (-2.324)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	<i>Controls</i>	控制	控制	控制
常数项	0.292 *** (14.485)	-0.063 (-0.804)	0.284 *** (14.571)	常数项	0.292 *** (14.418)	-0.073 (-0.924)	0.284 *** (14.496)
年度/公司	Yes	Yes	Yes	年度/公司	Yes	Yes	Yes
样本量	21201	18164	18114	样本量	21201	18164	18114
adj. R^2	0.709	0.457	0.872	adj. R^2	0.709	0.458	0.872
F	35.021 ***	5.998 ***	38.750 ***	F	33.242 ***	7.336 ***	37.328 ***

2. 减少超额雇员。通过将重复性任务交由智能机器处理,并推动劳动者技能结构的动态升级与弹性调度,人机协同打破了传统劳动力配置的刚性瓶颈,从而提升了人力使用效率与岗位适应性。表7列(2)、列(5)中,*Match*、*Match_mad*的回归系数分别为-0.062、-0.055,在1%的水平上显著;列(3)、列(6)是在加入中介变量后的回归结果,*Match*、*EL*的回归系数分别为0.006、-0.004,在1%的水平上显著,*Match_mad*、*EL*的回归系数分别为0.004、-0.004,在1%的水平上显著。这表明人机协同确实能够降低企业的超额雇员,进而提升企业韧性。

表7 超额雇员机制

	(1) <i>Res</i>	(2) <i>EL</i>	(3) <i>Res</i>		(4) <i>Res</i>	(5) <i>EL</i>	(6) <i>Res</i>
<i>Match</i>	0.009 *** (5.945)	-0.062 *** (-4.133)	0.006 *** (4.669)	<i>Match_mad</i>	0.005 *** (4.070)	-0.055 *** (-4.254)	0.004 *** (3.558)
<i>EL</i>			-0.004 *** (-4.417)	<i>EL</i>			-0.004 *** (-4.478)
<i>Controls</i>	控制	控制	控制	<i>Controls</i>	控制	控制	控制
常数项	0.292 *** (14.485)	1.656 *** (4.202)	0.292 *** (14.929)	常数项	0.292 *** (14.418)	1.648 *** (4.169)	0.291 *** (14.858)
年度/公司	Yes	Yes	Yes	年度/公司	Yes	Yes	Yes
样本量	21201	18162	18112	样本量	21201	18162	18112
adj. R^2	0.709	0.555	0.872	adj. R^2	0.709	0.555	0.872
F	35.021 ***	5.118 ***	39.889 ***	F	33.242 ***	5.446 ***	38.651 ***

六、异质性分析

(一) 机器人渗透度差异的影响

机器人渗透度是指智能机器在生产活动中的使用密度,通常以行业层面智能机器存量与劳动力规模之比衡量。已有研究表明^[30],机器人渗透度较高的企业往往具备更强的自动化能力和机器替代空间,更可能通过提升生产效率、流程优化及成本压缩增强其应对不确定性环境的能力。人机协同在被应用到智能制造的组织环节中时,其效应的发挥也可能受制于企业原有的技术基础。据此,为更全面识别人机协同对企业韧性的影响路径,并揭示其不同自动化基础上的差异化作用,本文引入“工业机器人渗透度”作为衡量企业自动化水平的重要指标。参考王永钦和董雯的方法^[31],构造企业层面的机器人渗透度指标。该指标在行业层面智能机器密度的基础上,结合企业在行业中的就业结构进行加权,刻画企业所面临的“自动化暴露强度”。该测度方式兼顾行业技术变迁的宏观趋势与企业劳动力结构的微观特征,能够更精细地反映企业面对智能机器冲击的程度。考虑到智能机器应用所代表的技术条件可能与企业韧性之间存在互补或替代关系,本文以机器人渗透度的样本中位数为阈值,将企业划分为高渗透度组与低渗透度组,以考察在人机协同机制作用下,不同自动化环境是否影响其抵御冲击与恢复能力的表现。

回归结果如表8列(1)至列(4)所示,高渗透度组中*Match*、*Match_mad*的回归系数分别为0.011、0.006,在1%水平上显著;低渗透度组中*Match*、*Match_mad*的回归系数分别为0.008、0.005,在1%水平上显著;但组间系数检验P值为0.000,组间差异明显,说明人机协同对企业韧性的正向作用在工业机器人渗透度较高的组别中更强。

(二) 行业竞争程度差异的影响

企业所处的行业竞争环境深刻影响其战略选择、治理需求与技术采纳动机。行

表8 机器人渗透度的影响

	(1) 高渗透度组 <i>Res</i>	(2) 低渗透度组 <i>Res</i>		(3) 高渗透度组 <i>Res</i>	(4) 低渗透度组 <i>Res</i>
<i>Match</i>	0.011 *** (4.674)	0.008 *** (3.971)	<i>Match_mad</i>	0.006 *** (2.731)	0.005 *** (2.855)
<i>Controls</i>	控制	控制	<i>Controls</i>	控制	控制
常数项	0.295 *** (9.779)	0.230 *** (8.354)	常数项	0.294 *** (9.657)	0.230 *** (8.335)
年度/公司	Yes	Yes	年度/公司	Yes	Yes
样本量	10736	9528	样本量	10736	9528
adj. R^2	0.669	0.790	adj. R^2	0.669	0.790
F	15.001 ***	16.975 ***	F	13.542 ***	16.539 ***

业竞争程度不仅决定了企业所面临的外部压力强度,也会影响内部治理机制的边际效应。一方面,高竞争行业往往存在更强的外部监督压力与技术革新动因,企业面临生存竞争,其治理机制和资源配置路径通常已较为紧绷。在此背景下,引入人机协同等技术治理手段虽具效率优势,但其边际改进空间相对有限。另一方面,低竞争行业中企业资源更为冗余,治理压力较弱,信息不对称和代理问题更易累积,人机协同机制作为一种增强决策透明度、降低协调成本的工具,其介入往往能带来更显著的治理优化和组织韧性提升。戴魁早等的研究发现^[32],在竞争环境较宽松的行业,技术手段对治理效能的改善作用更为明显。同时,数字技术对组织约束和激励机制的强化效果也更易在低竞争环境中体现。据此,本文采用该指标区分高低竞争行业,展开异质性分析。已有研究普遍采用赫芬达尔-赫希曼指数(HHI)衡量行业市场集中度^[32],HHI值越大,行业越集中,竞争程度越低。基于此,本文将行业HHI指标作为划分依据,探讨人机协同在不同竞争程度行业中的韧性效应。

回归结果如表9列(1)至列(4)所示,在行业竞争低组中 *Match*、*Match_mad* 的回归系数分别为 0.011、0.008,在 1% 水平上显著;在行业竞争高组中 *Match*、*Match_mad* 的回归系数分别为 0.006、0.002,仅部分显著;组间系数检验 P 值为 0.000,组间差异明显,说明协同机制在相对宽松的竞争环境下能够发挥更大的治理作用,技术驱动型治理手段的成效不仅依赖于工具本身的效能,更受到外部制度环境与市场结构的调节。

(三) 是否在综合试验区的影响

国家级大数据综合试验区作为中国推动数字经济发展和数据要素流通的制度性载体,不仅体现出数字技术推广的先导性,也塑造了企业的外部治理生态。试验区的设立显著促进了区域资源配置效率、绿色创新、公共治理能力等多方面发展,为企业提供了良好的技术环境与制度基础。在数据基础较好的区域,人机协同技术可以更容易嵌入企业决策链条与组织流程,并与政府监管、公共数据平台等形成合力,从而快速实现治理效应的外部化。相对而言,非试验区地区在制度支持与数据基础设施方面仍存在差距,企业实施人机协同的外部激励不足,技术手段更多表现为内部流程优化工具,其治理作用反而可能被低估。然而,在数字制度环境尚未成型、基础设施相对薄弱的区域,人机协同机制反而可能弥补治理空缺、降低内部管理摩擦,对企业运行质量的提升具有更强的边际效应。人机协同在缺乏公共资源与制度赋能的情境中,更可能通过内部强化路径实现治理质量的提升。

基于此,本文以国家级大数据综合试验区为划分标准,检验人机协同在不同区域数字发展水平下对企业韧性的作用差异。回归结果如表10列(1)至列(4)所示,处在试验区组中 *Match*、*Match_mad* 的回归系数分别为 -0.002、-0.003,仅部分显著;不处在试验区组中 *Match*、*Match_mad* 的回归系数分别为 0.013、0.008,在 1% 水平上显著。组间系数检验 P 值为 0.000,

表9 行业竞争程度的影响

	(1) 行业竞争低 Res	(2) 行业竞争高 Res		(3) 行业竞争低 Res	(4) 行业竞争高 Res
<i>Match</i>	0.011 *** (5.534)	0.006 ** (2.278)	<i>Match_mad</i>	0.008 *** (4.410)	0.002 (1.128)
<i>Controls</i>	控制	控制	<i>Controls</i>	控制	控制
常数项	0.282 *** (10.042)	0.278 *** (8.425)	常数项	0.282 *** (10.028)	0.277 *** (8.373)
年度/公司	Yes	Yes	年度/公司	Yes	Yes
样本量	12035	8035	样本量	12035	8035
adj. R ²	0.740	0.752	adj. R ²	0.740	0.751
F	18.633 ***	11.422 ***	F	17.842 ***	10.964 ***

表10 综合试验区的影响

	(1) 处在试验区 Res	(2) 不处在试验区 Res		(3) 处在试验区 Res	(4) 不处在试验区 Res
<i>Match</i>	-0.002 (-0.814)	0.013 *** (6.168)	<i>Match_mad</i>	-0.003 * (-1.700)	0.008 *** (4.471)
<i>Controls</i>	控制	控制	<i>Controls</i>	控制	控制
常数项	0.935 *** (17.227)	0.278 *** (10.215)	常数项	0.934 *** (17.232)	0.278 *** (10.169)
年度/公司	Yes	Yes	年度/公司	Yes	Yes
样本量	5167	12862	样本量	5167	12862
adj. R ²	0.807	0.740	adj. R ²	0.807	0.739
F	32.298 ***	22.540 ***	F	32.349 ***	20.509 ***

组间差异明显,说明人机协同对企业韧性的正向影响主要集中于非试验区企业,验证了协同机制在区域支持较弱情境下的补偿性价值。

七、结论性评述

本文以2010—2023年沪深A股上市公司为研究样本,系统探讨了人机协同在提升企业韧性方面的实际作用及其内在机制。研究发现:(1)人机协同对增强企业韧性具有显著正向效应。(2)机制检验结果显示,人机协同主要通过降低治理成本与优化效率配置两条路径增强企业韧性。(3)在企业内部特征中,人机协同在机器人渗透度较高的企业中提升企业韧性效果更为显著,说明技术基础良好有助于协同机制的发挥;在外部环境维度方面,低行业竞争度及处在非国家级大数据综合试验区企业中人机协同对企业韧性的提升作用更为突出。

据此,本文提出如下政策建议:第一,完善企业人机协同的制度环境,促进智能机器与组织结构融合。首先,政府应制定支持人机协同机制建设的专项指导文件,明确其在组织结构、数据管理与决策流程中的嵌入标准与实施路径。其次,应重视人机协同系统的可解释性与透明性建设,提升劳动者对协同系统的理解与接受程度,从而保障协同运行的组织适配性。最后,应加快数字基础设施的布局完善,构建覆盖多部门、可高频更新的数据流通网络,为人机协同系统高效运行提供算力支撑,全面提升企业的信息加工与实时响应能力。第二,分类施策提升人机协同增强企业韧性的针对性与实效性。对于技术基础良好的企业,应优先推动其部署以风险防控与信息规范为导向的协同系统,以弥补其在内部激励、外部沟通上的结构性短板;对于处于高竞争行业或非国家级数字试验区的企业,可通过财政补贴、试点示范等方式加速技术渗透。第三,积极支持人机协同型企业。鼓励在综合试验区外,发展与人机协同绩效挂钩的绿色信贷、智能风控保险等创新金融产品,激励企业投资人机协同能力建设。同时,建议监管部门引导银行等金融机构在信贷评估体系中纳入企业人机协同能力指标,结合经营数据、合规行为,精准识别企业的风险控制能力与恢复潜力,实现更科学的融资匹配。

参考文献:

- [1]陈晓华,邓贺,杜文.工业机器人应用会加剧中国城乡收入差距吗?[J].南京审计大学学报,2024(1):88-100.
- [2]李闻一,汤华川.基于财务共享视角的人机协同研究[J].会计之友,2022(23):22-27.
- [3]Wu X, Xiao L, Sun Y, et al. A survey of human-in-the-loop for machine learning[J]. Future Generation Computer Systems, 2022, 135: 364-381.
- [4]Shang Y, Jiang J, Zhang R, et al. The mechanism of human-machine collaboration driving sustainable business models: A single case study from the electric vehicle industry[J]. Journal of Cleaner Production, 2025, DOI:10.1016/j.jclepro. 2025. 145152.
- [5]Martin S A, Kildal J, Lazkano. An analysis of the role of different levels of exchange of explicit information in human-robot cooperation[J]. Frontiers in Robotics and AI, 2025, DOI:10.3389/forbt. 2025. 151169.
- [6]郭震,朱梦楠,任一笑.人工智能如何赋能企业竞争力提升[J].财会月刊,2025(16):22-30.
- [7]许晖,龙杨,李阳,等.人机联合认知视角下制造企业如何实现智能决策[J].中国工业经济,2025(4):174-192.
- [8]Amy Zang, Wilbur Chen, 范为,等. AI 重塑审计:探索人工智能驱动下的行业变革之路[J].中国注册会计师,2025(2):70-72.
- [9]Edeh O F, Islam F M, Nwali C A, et al. Organization learning and business resilience in developing hospitality industry[J]. Discover Sustainability, 2024, 5(1):411-411.
- [10]Teece D J, Pisano G, Shuen A. Dynamic capabilities and strategic management[J]. Strategic Management Journal, 1997, 18(7): 509-533.
- [11]刘广,桑雪森,方刚.知识耦合与智能协同联动影响人机协同决策的组态研究[J].科技进步与对策,2025(20):32-42.
- [12]张亚莉,李辽辽,丁振斌.组织管理中的人工智能决策:述评与展望[J].外国经济与管理,2024(10):18-38.
- [13]祁凡骥,朱亮. AI 官僚:后韦伯时代的官僚制与文书治理[J].探索与争鸣,2025(3):92-106.
- [14]Ren L, Cheng Y. The impact and mechanism of ESG performance on corporate continuous innovation: Evidence from China[J].

- Sustainability, 2024, 16(17): 7562–7562.
- [15] Bussmann N, Giudici P, Marinelli D, et al. Explainable AI in fintech risk management[J]. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 2020, DOI:10.3389/frai.2020.00026.
- [16] Sakeena J, Nadeem J, Musaed A, et al. Towards efficient human-machine interaction for home energy management with seasonal scheduling using deep fuzzy neural optimizer[J]. *Cognition, Technology & Work*, 2023, 25(2–3): 291–304.
- [17] 崔圣君, 武装, 于丽娜. 产业合作复杂网络结构演化与资源配置研究: 来自中国人工智能企业大数据的实证分析[J]. *中国软科学*, 2025(1): 193–207.
- [18] Ghobakhloo M, Fathi M. Corporate survival in industry 4.0 era: The enabling role of lean-digitized manufacturing[J]. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2019, 31(1): 1–30.
- [19] 谢小云, 左玉涵, 胡琼晶. 数字化时代的人力资源管理: 基于人与技术交互的视角[J]. *管理世界*, 2021(1): 200–216.
- [20] Rahmandad H, Ton Z. If higher pay is profitable, why is it so rare? Modeling competing strategies in mass market services[J]. *Organization Science*, 2020, 31(5): 1053–1071.
- [21] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. *心理科学进展*, 2014(5): 731–745.
- [22] 李姗姗, 黄群慧. 基于 fsQCA 方法的新创企业组织韧性构建路径研究[J]. *经济体制改革*, 2022(3): 90–96.
- [23] 吴晓波, 冯潇雅. VUCA 情境下运营冗余对组织韧性的影响——持续创新能力的调节作用[J]. *系统管理学报*, 2022(6): 1150–1161.
- [24] Levine R, Zervos S. Stock markets, banks, and economic growth[J]. *American Economic Review*, 1998, 88(3): 537–558.
- [25] 姚加权, 张锐澎, 郭李鹏, 等. 人工智能如何提升企业生产效率? ——基于劳动力技能结构调整的视角[J]. *管理世界*, 2024(2): 101–116.
- [26] 胡晟明, 王林辉, 赵贺. 人工智能应用、人机协作与劳动生产率[J]. *中国人口科学*, 2021(5): 48–62.
- [27] Ang J S, Cole R A, Lin J W. Agency costs and ownership structure[J]. *Journal of Finance*, 2000, 55(1): 81–106.
- [28] Richardson S. Over-investment of free cash flow[J]. *Review of Accounting Studies*, 2006, 11(2–3): 159–189.
- [29] 曾庆生, 陈信元. 国家控股、超额雇员与劳动力成本[J]. *经济研究*, 2006(5): 74–86.
- [30] Graetz G, Michaels G. Robots at work[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2018, 100(5): 753–768.
- [31] 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): 159–175.
- [32] 戴魁早, 黄姿, 梁银笛. 数智技术、技术要素市场与服务型制造[J]. *中国工业经济*, 2025(1): 137–155.

[责任编辑: 高 婷]

Can Human-machine Collaboration Enhance Enterprise Resilience?

LUO Dongliang¹, LIU Boya², WANG Yan¹

(1. Business School, Jiangsu Normal University, Xuzhou, Jiangsu 221116, China;

2. School of Economics and Management, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

Abstract: Against the backdrop of intertwined technological change and environmental uncertainty, resilience has become a core capability for measuring a company's crisis response and sustainable development. This paper takes listed companies on the Shanghai and Shenzhen A-shares from 2010 to 2023 as a sample, constructs indicators for measuring human-machine collaboration and corporate resilience, and empirically analyzes the impact of human-machine collaboration on corporate resilience and its mechanism of action. The study finds that human-machine collaboration significantly enhances a company's resistance and recovery capabilities when facing external shocks. Mechanism tests show that human-machine collaboration can enhance enterprise resilience by reducing agency costs and financing constraints, reducing investment deviation degree and reducing excess employees. Heterogeneity analysis shows that this effect is more pronounced in companies with higher robot penetration rates, lower competitive levels in their industries, and those not located in national big data experimental areas. This paper enriches the theoretical connotations of research on human-machine collaboration and corporate resilience, and provides new ideas for companies to enhance their resilience levels through technology embedding in an uncertain environment.

Key Words: human-machine collaboration; enterprise resilience; agency cost; financing constraint; investment deviation degree; excess employment; industry competition intensity