

智能化转型何以激发企业创新？

——基于制造业劳动力多样性的解释

邓悦 蒋琬仪¹

【摘要】以人工智能、云计算等为代表的前沿技术正引领新一轮产业变革，成为制造业创新驱动发展的重要抓手。运用 2018 年中国企业—劳动力匹配调查（CEES）数据，将劳动力多样性作为机制变量对制造业智能化转型的创新效应进行评估。研究表明，智能化转型能显著激发企业创新。将教育多样性、来源地多样性、性别多样性、年龄多样性等劳动力多样性变量作为机制变量进行机制检验发现，智能化转型通过提高企业劳动力教育多样性和来源地多样性，促进劳动力知识与文化交流碰撞，从而推动企业创新。进一步的异质性分析表明，劳动力多样性的中介效应在民营企业、东中部地区企业更加显著。为此，要警惕“就业极化”现象，加大对中等技能人群的培训 and 补助，同时提升企业和地区开放水平，加速人才自由流动。

【关键词】智能化转型 劳动力多样性 企业创新 制造业发展

【中图分类号】 F270.7 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-7543（2022）09-0108-15

党的十九大报告提出，要“建立以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系”。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》提出，要提升企业技术创新能力，强化企业创新主体地位，促进各类创新要素向企业集聚。在新发展阶段，为充分发挥创新的引领作用，进一步强化企业的创新主体地位，我国坚持多措并举，制定并实施了如研发创新人才引进、人才补贴等一系列旨在提升研发创新能力的扶持和激励政策，以提高企业自主创新能力。自国家推动数字化转型以来，“智能制造”从一个概念发展成为传统产业改造升级的重要抓手，且已在为企业创新赋能。

企业智能化转型主要表现为生产和销售过程中人工智能、云计算、大数据、物联网、区块链等新技术的运用。根据 2020 年上线的“智能制造评估评价公共服务平台”对全国累计 12000 多家企业的数据统计，已有 3/4 的企业开始部署智能制造，其他 1/4 的企业已开始应用自动化技术和信息技术对核心装备和业务活动进行改造和提升，并实现了跨业务间数据共享，其中有 600 家企业智能化程度已趋于成熟水平。企业智能化程度的提高和智能化转型的加快，不仅会推动企业将科技力量转化为经济和产业竞争优势，大力提升企业科技创新能力，而且会促使企业进行相应的内部组织、管理业务和人员方面的调整。在现代化工厂中，人工智能可为企业带来更高的生产效率和生产质量。随着企业智能化转型的加快，越来越多的简单重复劳动会被机器所替代。据《人口与劳动绿皮书：中国人口与劳动问题报告 No. 20》估算，智能化转型对我国制造业普通劳动力岗位替代率为 19.6%。已有研究发现，智能化转型与劳动力不只是简单的替代关系，数字化和机器设备的应用要求劳动力必须与新的岗位相匹配，从而改变了企业的用人需求和内部劳动力结构。包括教育、技能水平在内的劳动力素质，与技术人才在劳动力中的占比，是微观层面驱动企业创新的动力。那么，智能化转型所带来的劳动力市场的变化，是否增强了企业创新的积极性？又何以激发企业实施创新活动？这些是本文要讨论的主要内容。

一、相关文献综述

作者简介：邓悦，武汉大学质量发展战略研究院副教授；蒋琬仪（通信作者），武汉大学质量发展战略研究院研究生。
基金项目：国家社会科学基金项目“社会保险费率下调对企业生产率的影响研究”（17CGL036）

“机器换人”趋势下，智能化转型对劳动力的影响主要体现在工作任务和劳动力结构方面。就工作任务而言，智能化转型能替代的往往是那些具有“可编码”或者“可预测”的常规任务以及体力劳动，那些执行非常规任务的工人反而更受青睐。由于机器人无法复制非常规能力（比如抽象的分析能力、灵巧的人际交往和社会行为能力等），非常规工作岗位的就业份额和能力溢价在持续攀升^[1]。工作任务的改变带来了企业劳动力结构的调整。就劳动力教育和技能结构而言，人工智能技术的出现不仅创造了深度学习和数据技术等相关高技术和专业化就业岗位，增加了对高学历人才的需求，而且重塑了新的产业链，在替换一部分重复性工作岗位的同时^[2]，创造了新的低技术岗位^[3]，拓宽了企业对不同技能人才的需求，从而增加了企业内部劳动力教育的多样性。当新技术的引入速度与受冲击就业者的适应速度不匹配时，中低端技能人群就业会受到冲击，可能被迫朝着更低端的行业流动，这会导致不同技能劳动者之间的“就业极化”现象^[4]。Autor 将 1980—2005 年美国就业和工资的两极分化归因于消费者偏好多样化，以及自动化发展带来的常规工作任务成本的下降，其研究发现，工资和岗位增长不成比例地流向收入和技能分配最顶层和底层的人^[5]，中等技能岗位的就业比例下降^[6]。与此同时，有学者认为，随着信息化程度的提高，工作需求更偏向认知能力而不太看重身体技能^[4]，为女性发挥认知、创造等专业特长优势提供了新空间。同时，前沿技术突破了空间限制，为女性灵活安排工作任务提供了条件，使得女性在家庭和就业之间能更好平衡，从而提高了女性的劳动参与率，缩小了就业的性别差距^[7]。但也有学者提出相反观点，认为我国大量重复性劳动主要由相对弱势群体（如低收入人员、低技能人员、低教育水平人员等）从事，因而其有更大的概率被智能化技术替代^[8]。此外，智能化转型可以改变就业的地区结构^[9]，智能化转型带来的生产力提高不仅为劳动力等生产要素跨地域流动提供了条件，而且在虚拟世界打破了地域限制^[10]。

劳动力多样性是企业创新的重要影响因素^[11]，企业劳动力结构的改变会影响企业的知识创造和整合能力。从信息决策理论来讲，劳动力多样性为企业提供了非冗余的多样性信息，这会促进企业创新；从专业化分工理论来讲，生产社会化要求不同岗位的人分工协作，高技能、有资历的员工往往也需要低技能的程序化岗位员工相配合，从而提高生产效率^[12]。劳动力教育的多样性也会带来知识的多样性，产生知识溢出效益^[13]和互补效应^[14]，低技能员工在程序化作业中积累的经验能为高技能员工的决策提供思路，不同技能水平的员工加强交流、互换想法，能激发新理论的形成，从而促进企业创新^[15]。同样地，社会认知和性别理论的观点也表明，性别差异带来的员工特质也影响着企业创新战略。有研究表明，性别的多元化会为企业提供不同类型的观点、理念等，激发员工的创新活力^[16,17]。性别多样化特别是领导岗位上的性别多元化，有助于提高企业生产力、盈利能力和市场价值。在劳动力的年龄多样性方面，张敏、罗润东选取我国创业板 293 家上市公司作为研究对象，发现企业劳动力年龄的多样性对劳动生产率具有正向促进作用，且企业的创新性越强，促进作用越强^[18]。在地域多样性方面，生产要素尤其是高素质人才的跨地区流动，可以促进先进知识和技术的创造、传播与应用，提高制造业企业生产率。人们更加频繁的交流，会促进员工之间的知识外溢^[19,20]和文化互补^[21]，从而促进民营高科技企业技术创新^[22]。Qian 通过实证研究发现多元地域文化显著提升了美国城市的创新能力^[23]；戴惠阳等也发现地区更高的劳动力流动性能促进企业的创新。然而，也有学者通过研究得到了不同的结论。Berliant 认为无法准确判断性别、年龄等多样性的影响，因为它们会导致沟通成本上升，知识溢出效益下降^[14]，年龄、文化等的差异会使员工间社会信任程度下降，阻碍知识的溢出^[18]。李后建等研究发现，生产工人性别的多样性在某种程度上弱化了企业的探索式创新和开发式创新，但这种作用并不显著；不过，非生产性工人性别多样性能显著提升企业双元性创新水平^[12]。

在此基础上，有学者开始讨论智能化转型如何通过劳动力影响企业创新，但现有研究更多关注的是智能化转型对劳动力的替代效应，认为前沿技术替代了低技能劳动力，扩大了对高技能人才的需求，加速了企业技能偏向型创新^[24]和劳动节省型技术进步^[25]，尤其是劳动力素质作为一种人力资本加大了企业创新的概率^[26]。现有研究忽视了劳动力的互补效应，缺乏企业内部劳动力特征和结构多样性对企业创新的研究，这可能是企业层面的劳动力数据难以获得而导致的。在过去，企业更倾向于招聘男性工人、年轻工人从事与产品生产相关的工作，但智能化转型降低了生产环节对于劳动者体力的要求，因而企业在招聘工人时可以不再受性别与年龄的限制，这样企业的劳动者性别比例更加均衡、年龄结构更具多样性。除此之外，智能化转型需要具备更高知识水平的管理者操纵设备，并搭配低技能工人，这样可使生产流程更加高效，增强企业劳动力的教育多样性。进一步地，人工智能的使用降低了员工相互协作交流的门槛，员工间仅需要简单的交流协作就可以完成产品的生产，因而吸引了来自各地的员工进入企业，增加了企业员工来源地多样性。但是，劳动力多样性对企业创新的效应仍然存在争议，为此，需要进一步验证智能化转型是否可以通过提高企业劳动力多样性激发企业创新。本文以智能化转型如何激发制造业企业创新为研究重点，基于制造业劳动力多样性的视角，运用 2018 年中国企业—劳动力匹配调查（CEES）数据，分析智能化转型是否可以通过提高企业劳动力教育、

来源地多样性与年龄、性别等人口学特征多样性激发企业创新。

二、理论分析与研究假设的提出

（一）教育与来源地多样性对企业创新的影响

智能化转型在替代重复性劳动的同时，对劳动力的技能水平提出了更高的要求^[27]。虽然员工可以通过“干中学”来不断提升自己的技能水平，但其提升的程度是相当有限的，当其遇到新的技术冲击时，将难以通过快速学习去突破瓶颈。教育水平往往决定着劳动力所拥有的知识技能与学习能力，这也意味着面对新技术的冲击时，高学历员工有着更好的学习能力与适应性^[28]。因此，智能化转型会增加企业对高技能劳动力的需求，进而增加企业对高学历人才的需求；低技能岗位和劳动力是不可或缺的，而中等技能劳动力更容易面临“高不成，低不就”的困境，既无法胜任高技能工作，又不愿从事低技能工作，因而更容易被智能化替代。在这样的作用下，智能化转型能改变企业劳动力教育结构，体现在高学历和低学历劳动力比例增加，中等学历劳动力比例相对减少，从而使得企业在劳动力教育结构上更具多样性。

教育的多样性会产生知识溢出效应^[29]，不同教育程度的员工在知识溢出效应下，可以更好地丰富自己的知识储备。一线员工在高学历员工知识溢出效应的影响下可能提出更多的流程优化与再造方案，提高企业的工艺创新水平；高学历员工在一线员工经验知识的帮助下可以提出更加有效的创新方案，推动企业创新。

除此之外，智能化转型提高了企业的生产率，同时智能化转型支持企业规模化生产，企业将增加劳动力需求，扩大劳动力雇用的地域范围，这也增加了城市间劳动力流动，企业内劳动力的来源地多样性得以提高。而不同地区间人们的生活习惯、风俗环境等都存在差异，这些差异会导致员工思维方式上的差别。在差异化思维的碰撞中，可能产出生更多的创新性想法。

假设 1：智能化转型提高了企业员工的教育多样性与来源地多样性水平，有助于促进知识与文化交流碰撞，从而激发企业创新。

（二）年龄与性别多样性对企业创新的影响

智能化转型降低了生产过程中对于员工体力的要求，使得更多的女性与不同年龄的人都可以参与到企业的生产过程中，提高了企业内部的人口学多样性。

年龄的多样性可以使年轻人与中年人进行互补，年轻人对于新知识、新技术的理解与掌握更迅速，而中年人对企业的组织结构更加了解、经验更加丰富^[30]。两者互补可帮助年轻员工更好更快地学习先进经验，减少试错成本。中年员工也可以及时从年轻人中了解新的知识与技术，帮助其更好地根据经验作出决策。在新技术的推动与经验的支持下，推动企业创新。

性别的多样性可以在思维模式方面实现互补。研究表明，女性拥有更好的发散思维，有利于提出更多创新性的思路，而男性拥有更好的聚合思维，擅长于提炼与总结^[31]。女性员工可以利用发散思维优势，提出更多创意，但也可能面临因找不到创新的着力点而无处着手的问题；男性员工则可以帮助女性员工更好地聚焦某一创新点，运用自己的逻辑思维帮助其更好地梳理与概括，从而得出适合于企业发展的创新模式。

假设 2：智能化转型提高了年龄、性别等人口学多样性，使不同年龄、性别的员工能充分发挥各自特长，在互补中推动企业创新水平的提升。

三、研究设计

（一）样本选择与数据来源

本文使用的数据来自 2018 年中国企业—劳动力匹配调查（CEES）。该调查项目由武汉大学与斯坦福大学、中国社会科学院、香港科技大学等知名科研机构联合开展，是我国首个涵盖工业智能化转型情况以及劳动力的微观企业数据库，也是我国首个企业与劳动力数据匹配的大型调查。调查不仅统计了机器人、数控机床、自动化设备、企业创新投入、研发人员等企业层面变量，而且对员工教育水平、来源地、年龄、性别等员工特征变量进行了统计，同时企业与劳动力数据的匹配为研究提供了极大的便利。2018 年调查区域扩大到了广东、湖北、江苏、四川、吉林五省，全面调查了我国东部、中部、西部、东北地区企业 2015—2017 年的发展状况。2018 年 CEES 的调查县区为 101 个，匹配性搜集了受访 1978 家制造业企业共计 15646 名员工的数据。为保证样本的代表性，CEES 调查严格遵循随机分层抽样的科学方法，调查以“国家企业信用信息公示系统”为总体抽样框，依据调查省份的制造业人数规模，从中随机抽取制造业发展程度具有差异的县区级行政单元作为调查区域。本文选择 2018 年调研的五省 101 个区县级企业 2015—2017 年的调研数据作为样本数据。根据实证研究需要，本文选取了包括机器人情况、企业创新情况、企业特征、员工特征等方面的指标，同时剔除掉空缺值、异常值以及存在年份数据缺失的样本，最终构建了共计 4260 个观测样本值的平衡面板数据。

（二）模型设计

1. 模型设定

为检验智能化转型对企业创新的影响，设定如下模型：

$$Innovation_{indt} = \alpha_0 + \alpha_1 Tech_{indt} + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{indt} + \gamma_n + \gamma_t + \gamma_d + \varepsilon_{indt} \quad (1)$$

式（1）中， $Innovation_{indt}$ 表示的是 t 时间下在 d 地区的 n 行业中企业 i 的创新情况； $Tech_{indt}$ 表示 t 时间下在 d 地区的 n 行业中企业 i 的智能化转型情况。考虑到智能化转型可能因企业资本、所有制、存续年限与出口特征不同而出现统计差异，控制变量组 X_{indt} 分别为资本劳动比、企业年龄、企业所有制性质、是否出口企业等变量。为进一步解决样本选择偏误问题，本文引入所处二位码行业、城市和年份固定效应（ γ_n 、 γ_d 和 γ_t ），以控制企业样本不随时间变化的行业、城市特征以及不随横截性单元变化的时间特征。 ε_{indt} 为随机扰动项。

为验证教育多样性、来源地多样性、性别多样性、年龄多样性等衡量劳动力多样性的机制是否存在，本文参考借鉴三步法（Baron & Kenny, 1986）来验证机制的存在性。第一步：将智能化转型与企业创新变量进行回归，探究智能化转型对企业创新的影响；第二步：将智能化转型与劳动力多样性的指标进行回归，验证智能化转型是否影响了企业内的劳动力多样性；第三步：将智能化转型与劳动力多样性指标同时放入模型中对衡量企业创新的变量进行回归，观察智能化转型的回归系数大小以及显著性的变化来验证上述机制是否存在。

用式（1）可验证智能化转型对企业创新的影响：

$$Innovation_{indt} = \alpha_0 + \alpha_1 Tech_{indt} + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{indt} + \gamma_n + \gamma_t + \gamma_d + \varepsilon_{indt} \quad (1)$$

用式（2）可验证智能化转型对劳动力多样性的影响：

$$Diversity_{hindt} = \alpha_0 + \alpha_1 Tech_{indt} + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{indt} + \gamma_n + \gamma_t + \gamma_d + \varepsilon_{indt} \quad (2)$$

将智能化转型与劳动力多样性变量同时放入模型，验证机制是否存在：

$$Innovation_{indt} = c_0 + c_1 Tech_{indt} + b_1 Diversity_{hindt} + \sum_{j=1}^n \beta_j X_{indt} + \gamma_n + \gamma_t + \gamma_d + \varepsilon_{indt} \quad (3)$$

模型（2）中，Diversity_{hindt}为劳动力多样性指标，模型（3）则是将劳动力多样性指标作为中介变量进行回归，其余指标均与模型（1）相同。

2. 变量选取

（1）智能化转型代理变量

本文的解释变量为智能化转型，将研究主体聚焦于制造业企业。就制造业企业而言，智能化转型更多体现为生产流程的智能化，即智能制造，尤其是工业机器人的使用。对于这一变量的度量，CEES 数据正好统计了制造业企业“是否使用了机器人”问项，本文也将此作为衡量企业是否进行智能化转型的指标。具体赋值为：使用机器人的企业赋值 1，代表企业进行了智能化转型；未使用机器人的企业赋值 0，代表企业未进行智能化转型。值得说明的是，关于机器人使用变量的识别，本文根据 CEES 数据的统计特点，结合“企业是否使用了机器人”“企业首次使用机器人是哪一年”，与“企业使用机器人品牌的填报”这三个问题相互论证，从而更加精确识别企业是否使用了机器人及其影响效应。

（2）企业创新代理变量

本文分别用企业是否进行研发创新、人均研发投入两个变量作为企业创新的代理变量。企业是否进行研发创新是判断企业创新的一个阈值点，但这一变量只能衡量企业是否有创新活动，对于创新程度的衡量不足。基于这一考虑，本文进一步将人均研发投入视为创新的另一代理变量，这一变量从资本投入的角度反映了企业创新程度。通过是否进行研发创新与人均研发投入这两个代理变量的相互论证，可更加全面地反映企业创新的情况。

（3）劳动力多样性代理变量

对于上述模型中劳动力多样化指标的衡量，本文参考赫芬达尔指数的构建方法，从教育多样性、年龄多样性、性别多样性与来源地多样性四个维度进行展开（见表 1），具体计算方法如下：

$$Diversity_{hindt} = \sum_{s=1}^n \frac{N_{swindt}}{N_{indt}} [1 - (\sum_{s=1}^m p_{swindt}^2)] \quad (4)$$

其中，Diversity_{hindt}表示的是 t 时间下在 d 地区的 n 行业中企业 i 在 h（如教育、性别等）维度上的多样性，N_{windt}表示 t 时间下在 d 地区的 n 行业中企业 i 在 w 岗位（如管理层、研发人员等）上工作的总人数，N_{indt}表示 t 时间下在 d 地区的 n 行业中企业 i 的总人数，p_{swindt}表示 t 时间下在 d 地区的 n 行业中企业 i 在 w 岗位上 s 分类（如性别维度下的男、女分类）下的比例值。

（三）描述性统计

对于企业创新的测度，本文将企业是否进行研发创新、人均研发投入作为衡量企业创新的代理变量。对于解释变量的选取，本文采用企业是否使用机器人作为企业是否进行智能化转型的度量。对于控制变量的选取，本文引入资本劳动比、企业存续年限、企业所有制情况以及是否出口企业等衡量企业特征的指标作为本文的控制变量。主要变量描述性统计如表 2 所示。

四、实证分析

（一）基准回归分析

表 3（下页）列（1）—（4）是基于模型（1）验证智能化转型对企业创新的影响的结果。列（1）、（2）使用企业是否进行研发创新作为被解释变量，列（2）在列（1）的基础之上加入控制变量，可以发现，智能化转型对于企业创新具有显著的正向效应。运用 2018 年 CEES 数据，表 3 列（2）回归结果表明，在简单 OLS 回归下，使用机器人对于企业研发支出的半弹性系数估值为 0.109，在 1%显著性水平下拒绝原假设。这说明在不考虑其他因素的情况下，与没有进行智能化转型的企业相比，进行智能化转型的企业开展研发活动的可能性将平均提高 10.9%。进一步地，为了验证智能化转型后企业是否投入更多资金从事研发活动，表 3 列（3）、（4）使用企业人均研发投入作为被解释变量，列（4）在列（3）的基础之上加入控制变量。表 3 列（4）的回归结果表明，使用机器人对于企业人均研发投入的半弹性系数估值为 0.076，在 5%显著性水平下拒绝原假设。

表 1 劳动力多样性变量释义

维度(h)	岗位(w)	分类(s)
教育多样性	生产员工、技术人员、管理员工	初中、高中、大专、本科及以上学历员工
来源地多样性		本地市、本省非本地、外省员工
年龄多样性		30 岁以下、30-45 岁、45 岁以上员工
性别多样性		男性员工、女性员工

注：本文所使用的 CEES 数据是按照生产员工、技术员工、管理人员数量对不同岗位人数进行的统计，因为本文采用此种划分，故企业总人数用三者之和来表示

表 2 主要变量描述性统计

变量名称	统计定义	样本量	均值	标准差
是否进行研发创新	企业是否有研发支出(0-1)	4260	0.59	0.49
人均研发投入(万元/人)	企业研发支出/企业总人数(log)	4260	1.32	3.27

智能化转型	企业是否使用机器人(0-1)	4260	0.12	0.32
教育多样性	数值越大，表示多样性水平越高	4260	0.35	0.18
来源地多样性		4260	0.19	0.19
年龄多样性		4260	0.41	0.15
性别多样性		4260	0.61	0.25
资本劳动比(对数值)	固定资产/企业总人数(log)	4260	2.46	1.31
企业年龄(年)	企业存续年限(log)	4260	2.33	0.72
民营企业	注册类型为民营企业(0-1)	4260	0.77	0.42
港澳台企业	注册类型为港澳台企业(0-1)	4260	0.09	0.28
外资企业	注册类型为外资企业(0-1)	4260	0.07	0.25
出口企业	企业是否为出口型企业(0-1)	4260	0.38	0.48

数据来源：中国企业—劳动力匹配调查（CEES）

表 3 智能化转型对企业创新的影响效应

	企业创新能力			
	是否进行研发创新		人均研发投入	
	(1)	(2)	(3)	(4)
使用机器人	0.136*** (4.308)	0.109*** (5.018)	0.141*** (4.104)	0.076** (2.172)
资本劳动比 (对数值)		0.018*** (2.780)		0.099*** (10.096)
企业存续年限		0.073***		0.048***

(对数值)		(6.833)		(3.310)
民营企业		0.009 (0.332)		-0.073 (-1.477)
港澳台企业		-0.050 (-1.372)		-0.092 (-1.404)
外资企业		-0.086** (-2.183)		-0.186*** (-2.855)
出口企业		0.126*** (7.438)		0.110*** (4.182)
行业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	4260	4260	4260	4260
R-squared	0.148	0.174	0.143	0.181

注：括号内数值为稳健标准误；***、**分别表示在 1%、5%的水平下统计显著

基准回归结果表明，智能化转型对企业创新的影响显著为正。这意味着相较于未进行智能化转型的企业，进行智能化转型的企业更容易激发企业创新，更能促进企业进行研发活动、提高企业人均研发投入。

（二）机制分析

智能化转型能通过提高企业劳动力多样性激发企业创新。具体而言，一方面，智能化转型能改变劳动力技能结构，增加对高技能和低技能劳动力的雇用比例，促进劳动力的地区流动，以及知识与文化交流碰撞，从而激发企业创新；另一方面，智能化转型通过降低生产工作对员工体力方面的要求，放宽劳动力年龄、性别上的限制，发挥不同年龄、性别劳动力各自特长，在互补中推动企业创新。接下来，本文分别对教育多样性、来源地多样性、年龄多样性、性别多样性进行检验，探求其是否为智能化转型激发企业创新的机制变量。

表 4 列（1）是根据模型（2）进行回归的结果，可以看出，使用机器人对教育多样性的影响系数在 1%水平下显著为正，说明智能化转型能提高企业的教育多样性。列（2）、（3）检验的是教育多样性对企业创新的影响，可以看出教育多样性对企业是否

进行研发创新以及人均研发投入均具有显著的促进效应。列（4）、（5）则是基于模型（3）的回归结果，结果表明，在全部控制变量充分引入的前提下，使用机器人对企业是否进行研发创新和人均研发投入的系数估值分别下降为 0.105 和 0.111，且均在 1% 显著性水平下拒绝原假设。进一步计算可得到，教育多样性对企业是否进行研发创新和人均研发投入的中介效应占比分别为 3.85% 和 5.18%，这证明了教育多样性作为中介变量的有效性。上述结果说明，智能化转型能通过提高企业劳动力教育多样性激发企业创新。

表 4 教育多样性作为中介变量的中介效应检验

	教育多样性	是否进行研发创新	人均研发投入	是否进行研发创新	人均研发投入
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
教育多样性		0.150*** (3.525)	0.106* (1.807)	0.140*** (3.289)	0.182*** (3.116)
使用机器人	0.030*** (3.756)			0.105*** (4.807)	0.111*** (3.183)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
行业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	4260	4260	4260	4260	4260
R-squared	0.185	0.173	0.181	0.177	0.158

注：括号内数值为稳健标准误；***和*分别表示在 1%和 10%的水平下统计显著；控制变量包括资本劳动比、企业存续年限、所有制类型、出口特征

表 5 列（1）结果显示，智能化转型对劳动力来源地多样性的回归系数在 1%水平下显著为正，列（2）、（3）证明了劳动力来源地多样性对企业创新的促进效应。进一步将劳动力来源地多样性和使用机器人加入，可以发现全部控制变量充分引入的前提下，使用机器人对企业是否进行研发创新和人均研发投入的系数估值分别下降为 0.093 和 0.100，均在 1%显著性水平下拒绝原假设，且下降幅度相较于教育多样性更大。测算结果表明，劳动力来源地多样性对企业是否进行研发创新和人均研发投入的中介效应占比分别为 15.15%和 15.18%。上述结果说明，智能化转型确实能通过提高企业劳动力来源地多样性推动企业创新。

智能化转型显著提高了企业的劳动力年龄多样性，劳动力年龄多样性能显著促进企业创新。将年龄多样性和使用机器人加

入列（4）、（5），可以发现机器人的系数有所下降，但下降幅度不大。进一步的中介效应测算可得，年龄多样性对企业是否进行研发创新和人均研发投入的中介效应占比分别为 3.09%和 2.08%，说明年龄多样性对企业创新的中介效应不明显，因而本文认为劳动力年龄多样性并不构成智能化转型激发企业创新的中介渠道。对此可能的解释是，智能化转型下企业创新的发生更多来源于技术变革与知识更新，尤其是信息爆炸的今天，年轻人也能轻易从网络获取别人的经验技巧，年龄和资历带来的经验相对来说显得不再那么重要。

智能化转型对性别多样性的影响并不显著。将性别多样性变量加入基准模型发现，性别多样性对于衡量企业创新的两个变量的影响系数均显著为正。进一步进行 Sobel 检验，发现中介效应也不显著，这说明劳动力的性别多样性并不构成智能化转型激发企业创新的中介渠道。对此可能的解释是，不同于第三次科技革命信息化对人的体力的解放，前沿技术引领的人工智能浪潮更突出的是对重复性工作的替代，女性更容易从事重复性工作，这种对女性的替代作用抵消了体力劳动减轻带来的促进作用，因而智能化转型并没有提高女性就业机会。同时，性别差异也展现出男女办事风格的差异，男性更多表现出任务型取向，女性则偏向人际型取向，生产岗位上的性别隔离和生产团队的性别分裂给企业创新带来的负面影响可能会抵消性别多样性的思维互补给企业创新带来的积极影响^[33]。

表 5 来源地多样性作为中介变量的中介效应检验

	来源地多样性	是否进行研发创新	人均研发投入	是否进行研发创新	人均研发投入
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
来源地多样性		0.407*** (8.698)	0.306*** (4.702)	0.391*** (8.352)	0.375*** (5.622)
使用机器人	0.042*** (5.459)			0.093*** (4.288)	0.100*** (2.851)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
行业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
城市固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	4260	4260	4260	4260	4260
R-squared	0.413	0.185	0.185	0.188	0.162

注：括号内数值为稳健标准误；***表示在 1%的水平下统计显著；控制变量包括资本劳动比、企业存续年限、所有制类型、出口特征

综上所述，中介效应检验表明，智能化转型确实通过提高企业劳动力教育多样性和来源地多样性两种渠道促进企业创新，本文假设 1 获得了实证检验的有力支持。而劳动力年龄多样性的中介效应不明显，性别多样性未能通过中介效应检验，因而本文假设 2 不成立。

劳动力多样性对企业创新的影响同样可以从实践层面得到印证。以美国为例，美国是世界移民人口规模最大的国家，接收了世界近 20% 的移民人口，吸纳了全世界各种优秀的人才及文化，这使其创新能力一直领先全球。美国的创新发展与国际劳动力有着密不可分的关联。1990—2000 年，美国 26% 的诺贝尔奖获得者为国外出生的美国人。2006 年，25% 的销售额在百万美元以上的高科技公司创始人为国外出生的美国人。可以说，劳动力多样性为美国的创新力提供了巨大贡献。同样，中国城市化的大量事实也证明了，劳动力多样性水平更高的城市拥有更高的创新活力。比如，第一财经发布的“中国城市创新力排行榜”、福布斯发布的“中国创新力最强的 30 个城市”，中国创新城市评价课题组发布的《中国创新城市评价报告》，都将劳动力多样性水平更高的北京、深圳、上海列为中国创新水平最高的城市^[32]。

（三）异质性分析

1. 不同所有制下劳动力多样性的中介效应差异

企业所有制类型在融资约束、经营决策、竞争环境等方面存在明显差异，对制造业企业创新可能具有重要影响。本文将样本企业按所有制注册类型分为国有企业、民营企业 and 外资企业，分样本进行中介效应检验和异质性分析，探讨不同所有制下劳动力多样性是否是智能化转型激发企业创新的中介机制，以及差异化中介特征。

从教育多样性来看，教育多样性作为中介机制只在民营企业中显著，对企业是否进行研发创新和人均研发投入的中介效应占比分别为 5.56% 和 3.72%，在国有企业、外资企业中都不显著，这主要因为国有企业和外资企业智能化转型对劳动力教育多样性的提升效果不明显。可能的解释是，我国国有企业的技术更新速度相对于非国有企业而言较慢，同时国有企业相对于民营企业而言人员变动程度小得多，因而对其劳动力教育多样性的影响不明显^[33]。外资企业由于对劳动力综合素质要求较高，因而其在劳动力招募时对员工学历技能要求普遍较高，也正是如此，教育多样性的中介效应也不明显。

从来源地多样性来看，对于民营企业，其智能化转型能通过提高劳动力来源地多样性从而激发企业创新。来源地多样性对民营企业是否进行研发创新和人均研发投入的中介效应占比分别为 21.65% 和 19.70%，这说明来源地多样性是影响民营企业创新的重要中介因素。国有企业和外资企业智能化转型也能通过提高劳动力来源地多样性从而促进企业创新，来源地多样性对国有企业、外资企业是否进行研发创新的中介效应占比分别为 33.09%、13.87%，对人均研发投入则没有显著影响。可能的解释是，国有企业创新投入更多受到预算约束，不如民营企业创新投入的决策灵活迅速；外资企业创新投入也受到国际因素影响，故反映到员工来源地上的影响不显著。

2. 不同地区下劳动力多样性的中介效应差异

劳动力就业意愿在不同地区存在较大的差异，因而劳动力多样性的中介效应在我国不同区域的企业间可能存在异质性。本文将样本企业按所在地区分为东部、中部、西部和东北地区，分样本进行中介效应检验和异质性分析，以探讨不同地区下劳动力多样性是否是智能化转型激发企业创新的中介机制，以及差异化中介特征。

从教育多样性来看，教育多样性的中介效应对于东部、中部地区企业具有显著性，对东部地区企业是否进行研发创新和人均研发投入的中介效应占比分别为 4.64% 和 8.44%，对中部地区企业人均研发投入具有完全中介效应，对西部和东北地区企业则没有显著影响。可能的解释是，东部和中部地区的企业在吸引人才方面具有优势，尤其是中部地区的企业近年来加大了人才引进力度，提高了企业内部劳动力的教育多样性，而西部、东北地区企业仍然难以留住高学历人才。

从来源地多样性来看，来源地多样性对于不同地区企业都具有显著的中介效应，且对于东北地区企业创新在是否进行研发创新以及人均研发投入上都具有完全的中介效应。来源地多样性对东部、中部和西部地区企业是否进行研发创新的中介效应占比分别为 17.43%、1.85%和 8.73%，人均研发投入的中介效应占比分别为 11.02%、100%和 100%。可能的解释是，中部、西部、东北地区企业发展迅速，急需各地人才的支持，尤其是东北地区具有良好的制造业基础，劳动力来源多样性显著促进了文化交流以及各地人才的汇集，对企业创新和发展至关重要。

五、结论与政策建议

本文运用 2018 年中国企业—劳动力匹配调查（CEES）数据，就智能化转型何以激发企业创新展开了实证分析，探究智能化转型是否以及如何通过影响企业的劳动力多样性，进而激发企业创新。本文的研究结论如下：第一，智能化转型能激发企业创新，提高企业进行研发创新的概率，并加大企业人均研发投入。第二，智能化转型可以通过提高劳动力多样性从而激发企业创新。智能化转型提高了企业劳动力的教育多样性，高学历员工可以帮助低学历的一线员工优化作业流程，提高企业的工艺创新水平；低学历的一线员工也可以依靠经验帮助高学历员工提出更加有效的创新方案，共同推动企业创新；同时，智能化转型能提升企业生产率，企业将扩大人才雇用的地域范围，劳动力来源地多样性促进劳动力之间文化和思维碰撞，有助于加速企业创新；年龄和性别多样性则不构成智能化转型对企业创新的中介机制。第三，本文的异质性检验结果表明，劳动力多样性作为中介机制对不同所有制、不同地区的企业有明显差异。民营企业在创新活动和投入中更加灵活，能显著通过提高劳动力教育、来源地多样性从而提升企业创新；东部、中部地区企业更容易吸引人才，而西部、东北地区企业仍然存在人才瓶颈。

基于上述结论，提出如下政策建议：

第一，警惕“就业极化”现象，加大对中等技能人群的培训 and 补助。

智能化转型显示了对重复性劳动的替代作用，尤其是中等技能劳动力面临“高不成，低不就”的困境，更容易被人工智能替代。因此，应警惕前沿技术可能带来的收入和社会阶层的极化现象^[8]。在利用技术进步促进经济发展的同时，要提供更完善的就业保障体系，保障因技术进步而失业的人口的基本福利。同时，前沿技术对新工作岗位的创造需要时间，这就需要政府与社会保障组织在新技术推广过渡期间加大对中等技能人群的就业培训力度，使其更快适应新技术，从而拥有转岗的机会^[4]。

第二，提高企业的开放度和企业的劳动力多样性。

实证分析结果表明，劳动力多样性的提升能显著促进企业创新。因此，企业在推动智能化转型的同时，要提升企业的开放性程度，引入不同教育水平、地区的员工参与到企业的生产活动中，在知识溢出效应与思维互补效应等积极作用下，通过全面发挥智能化转型的创新效应，全面提高企业的研发创新水平^[34]。同时，建议企业在对员工进行专业硬技能培训的同时，加强员工创新精神、创造力和进取心等软技能的培育和引导，为企业储备创新型人力资本。传统制造业转型升级既不是机器设备的引进，也不是对重复工作的替代，而是通过“机器换人”，培养和激发劳动力的学习能力和创新能力，实现从人口红利向高质量人力资本、劳动力结构优化的转型。

第三，加快劳动力要素市场化改革，促进社会公平。

当前劳动力市场分割、身份歧视等现象依然存在，降低了我国劳动力配置效率。为此，应深化户籍制度改革，进一步放开城市落户限制，保障劳动力自由充分流动；打破就业市场的身份、性别等歧视现象，保障城乡劳动者享有平等就业的权利。除此之外，还要进一步畅通劳动力进入党政机关、国有企事业单位的渠道，优化国有企事业单位面向社会的选人用人机制，有效破除妨碍人才和劳动力流动的体制机制障碍。

参考文献:

- [1]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(1):47-59.
- [2]ACEMOGLU D,RESTREPO P.Robots and jobs:evidence from US labor markets[J].Journal of Political Economy,2020,128(6):2188-2244.
- [3]MICHAELS G,NATEAJ A,VAN R.Has ICT polarized skill demand?evidence from eleven countries over twenty-five years[J].Review of Economics and Statistics,2004,96(1):60-77.
- [4]隆云滔,刘海波,蔡跃洲.人工智能技术对劳动力就业的影响——基于文献综述的视角[J].中国软科学,2020(12):56-64.
- [5]AUTORD H,DORN D.The growth of lowskill service jobs and the polarization of the US labor market[J].American Economic Review,2013,103(5):1553-1597.
- [6]程旭,睢党臣.人工智能时代就业信息不对称分析及规避策略[J].宁夏社会科学,2021(1):120-127.
- [7]徐晓雯,张秀婷,王梦迪.人工智能对女性就业的影响及应对策略[J].齐鲁师范学院学报,2021(5):150-156.
- [8]周广肃,李力行,孟岭生.智能化对中国劳动力市场的影响——基于就业广度和强度的分析[J].金融研究,2021(6):39-58.
- [9]邓洲,黄娅娜.人工智能发展的就业影响研究[J].学习与探索,2019(7):99-106.
- [10]郭朝先,方澳.人工智能促进经济高质量发展:机理、问题与对策[J].广西社会科学,2021(8):8-17.
- [11]PARRPTTA P,POZZOLI D,PYTLIKOVA M.The nexus between labor diversity and firm's innovation[J].Journal of Population Economics,2014,27(2):303-364.
- [12]李后建,刘培森.人力资本结构多样性对企业创新的影响研究[J].科学学研究,2018(9):1694-1707.
- [13]LAZEAR E P.Globalisation and the market for teammates[J].The Economic Journal,1999,109(454):15-40.
- [14]BERLIANT M,FUJITA M.The dynamics of knowledge diversity and economic growth[J].Southern Economic Journal,2011,77(4):856-884.
- [15]NG T W H,FELDMAN D C.A meta-analysis of the relationships of age and tenure with innovation-related behavior[J].Journal of Occupational and Organizational Psychology,2013,86(4):585-616.
- [16]RUIGROK W,PECK S,TACHEVA S.Nationality and gender diversity on Swiss corporate boards[J].Corporate Governance:An International Review,2007,15(4):546-557.

-
- [17]KRISHNAN H A,PARK D. A few good women-on top management teams[J]. Journal of Business Research, 2005, 58(12): 1712-1720.
- [18]张敏, 罗润东. 年龄多样化对创新型企业绩效的影响研究——基于创业板上市公司经验数据[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2015(5):105-115.
- [19]GIANMARCO I, OTTAVUANO P, PERI G The economic value of cultural diversity:evidence from US cities[J]. Journal of Economic Geography, 2006, 6(1):9-44.
- [20]SIMONEN J, MCCANN P. Firm innovation the influence of R&D cooperation and the geography of human capital inputs[J]. Journal of Urban Economics, 2008, 64 (1):146-154.
- [21]潘越, 肖金利, 戴亦一. 文化多样性与企业创新: 基于方言视角的研究[J]. 金融研究, 2017(10):146-161.
- [22]戴蕙阳, 施新政, 陆瑶. 劳动力流动与企业创新[J]. 经济学报, 2021(1):159-188.
- [23]QIAN H, Diversity versus tolerance:the social drivers of innovation and entrepreneurship in US cities[J]. Urban Studies, 2013, 50(13):2718-2735.
- [24]郭凯明. 人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动[J]. 管理世界, 2019(7):60-77.
- [25]邓翔, 张卫, 万春林. 人口老龄化与技术进步: 凛冬将至吗——来自 OECD 国家的经验证据[J]. 广东财经大学学报, 2019(6):11-23.
- [26]程惠芳, 陆嘉俊. 知识资本对工业企业全要素生产率影响的实证分析[J]. 经济研究, 2014(5):174-187.
- [27]SAPRA H, SUBRAMANIAN A, SUBRAMANIAN K. Corporate governance and innovation:theory and evidence[J]. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 2014, 49(4):957-1003.
- [28]孔晓婷. 高学历员工对不同所有制企业创新活动的影响——基于 Heckman 两阶段模型的实证分析[J]. 华东经济管理, 2017(3):169-178.
- [29]LAZEAR D. Eight ways of knowing:teaching for multiple intelligences[M]. Arlington H-eights: Skylight Training and Publishing 1999.
- [30]LAZEAR E P. Personnel economics for managers[M]. New York: John Wiley&Sons, 1998.
- [31]沈汪兵, 刘昌, 施春华, 等. 创造性思维的性别差异[J]. 心理科学进展, 2015(8):1380-1389.
- [32]张萃. 外来人力资本、文化多样性与中国城市创新[J]. 世界经济, 2019(11):172-192.
- [33]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.

[34] 邓仲良, 屈小博. 工业机器人发展与制造业转型升级——基于中国工业机器人使用的调查[J]. 改革, 2021(8):25-37.