DOI:10.20069/j.cnki.DJKX.2026025

智能制造如何提升企业韧性
——基于常规情境的研究

卢现祥，胡 颖
中南财经政法大学 经济学院，湖北 武汉 430073

移动端阅读

摘要：智能制造作为建设制造强国的主攻方向，能否为企业提供韧性来源是亟待回答的问题。聚焦常规情境下的企业韧性培育过程，探究智能制造如何提升企业韧性。研究发现，智能制造不仅能提升实施企业的韧性，而且具有一定的供应链溢出效应，主要体现为提升其上游企业韧性。机制分析表明，智能制造主要通过信息渠道、效率渠道、创新渠道提升实施企业韧性，通过增强长期投资强度提升上游企业韧性。拓展分析表明，垄断势力是影响智能制造供应链溢出效果的重要变量，上游企业垄断势力较强或至少强于实施企业，因而供应链溢出效应更多体现于上游企业，但具体效果还受到实施企业自身垄断势力的调节。据此提出构建智能制造多维度推进体系、深化作用机制精准干预、破除供应链权力结构约束等政策建议。

关键词：智能制造；企业韧性；常规情境；信息渠道；效率渠道；创新渠道；供应链溢出效应；垄断势力

文献标识码：A **文章编号：**1002-2848-2026(03)-0085-15

一、问题提出

百年未有之大变局正加速演变，严峻的国际经济形势和复杂的国际政治局面致使市场环境瞬息万变，各类短期或长期风险事件相互叠加并迅速扩散，国际环境的多变性、不确定性、复杂性、模糊性（VUCA）持续加剧。面对日益不稳定的经营环境，强化企业韧性成为重要时代议题。在数字经济背景下，企业韧性议题亟须得到关注。数字技术的全面应用改变了企业长期遵循的“游戏规则”，全新市场竞争格局蕴含更多潜在风险，企业迫切需要提升应对逆境事件和未知挑战的韧性，这不仅关系到企业能否生存并持续发展，而且关系到宏观经济能否保持竞争优势。

全球制造业正经历一场以智能化为核心的深刻变革。智能制造作为当代科技革命和产业变革的重要驱动力量，已成为各国抢占未来竞争制高点的关键。2015年国务院印发《中国制造2025》，正式将智能制造列为中国制造业转型升级的主攻方向。“十三五”和“十四五”时期出台了围绕智能制造发展的规划与政策建议。企业作为宏观经济的微观基础，既面临经营环境日益不稳定的挑战，也肩负着智能化转型升级的重任。在现实问题和历史机遇的双重考验面前，韧性较差的企业往往无法及时调整发展方向，难以抓住潜在机会，最终导致企业衰退甚至拖累宏观经济[1]。根据中国电子技术标准化研究院发布的《智能制造成熟度指数报告（2022）》，中国仅有32%的制造企业达到智能制造能力成熟度一级水平，达到四级及以上的企业仅占4%。企业智能制造转型停滞的背后，是企业在VUCA环境下对技术变革风险的过度规避。外部环境的不确定性越强，企业越倾向于维持现状，越不愿投入资源转型，即便这可能是突破生存

基金项目：国家社会科学基金重大项目（21&ZD072）。

作者简介：卢现祥，男，中南财经政法大学经济学院教授，博士生导师，研究方向为新制度经济学和中国转型经济问题研究；胡颖，女，通信作者，中南财经政法大学经济学院博士研究生，研究方向为中国转型经济问题研究，电子邮箱为huuyying@163.com。

瓶颈的关键路径。对此，实务界和学术界从案例分析、理论论证、实证检验等多个方面肯定了智能制造的正面效应，如智能制造可通过抑制成本黏性[2]、激励创新[3]以及提升生产率[4]等机制为企业创造价值。然而，企业的保守决策实际上源于对自身韧性缺口的担忧。转型本身是一场充满不确定性的技术跃迁，企业能否通过智能制造获取充分韧性来应对转型风险，直接决定了其战略决策走向[5]。为此，本文从韧性维度探讨智能制造为企业带来的经济效应，实证检验智能制造能否提升企业韧性。为更全面地揭示智能制造对微观企业的韧性提升作用，本文不仅从单一企业视角考察智能制造对实施企业韧性的直接影响，还考察了智能制造沿供应链的扩散效应。

“韧性”概念最初出现在物理学、工程学等领域，随着经济环境中外部冲击频发，学界将韧性引入到经济学领域并将其描述为组织面对危机事件的承载、复原、调整、革新的能力[6-7]。随着韧性研究不断深入，学界普遍肯定韧性是应对意外冲击和响应危机变化的重要因素[5]。然而，由于韧性概念衍生于危机时期，现有研究大多集中在各类不利冲击对韧性的考察，致使韧性研究一直伴随着危机事件的变化而变化[8]。危机事件具有一定特殊性，在这种狭义视角下形成的韧性分析并不能完全适用于常规情境。同时，若将韧性研究局限于非常规情境，则会因危机事件稀缺而忽略韧性形成的其他关键要素[9]。对此，不少学者认为对企业韧性的考察不能局限于非常规情境，还需将常规情境下的韧性表现纳入独立分析框架。事实上，企业面临的逆境事件少部分由外部突发冲击组成，更多由日常经营中微小却长期存在的活动组成[1]。企业在日常经营中培养的预警能力、适应能力、学习能力正是其应对危机事件的韧性来源[10]。基于此，本文重点关注常规情境下智能制造对企业韧性的影响。

本文可能的边际贡献有两点。第一，重新界定了企业韧性的研究范畴，将分析视角从危机事件扩展至常规情境。与现有文献聚焦特定危机事件下企业韧性的表现不同，本文强调企业韧性需要在常规情境下持续培育和积累。卢彬彬等[11]同样将企业韧性研究设定在常规情境，但其样本时间窗口仍包含重大突发事件，且指标体系仍沿袭危机情景下企业“抵御—抵抗—恢复—成长”能力的传统分析范式。常规情境下企业韧性应体现为能否始终保持良好经营状态并稳定成长的能力，并由此构建财务稳健性—成长持续性的二维结构指标体系，更契合常规情境下企业韧性的形成机制。第二，拓展了智能制造的经济效应分析范畴，将智能制造的分析维度从单一企业拓宽到供应链网络，并系统揭示了智能制造提升企业韧性的作用机制。此外，本文还从垄断视角阐释了智能制造供应链溢出效应的非对称特征。

二、理论分析与研究假设

（一）智能制造与企业韧性

企业韧性表现为硬能力、软能力、预警能力、适应能力、学习能力。其中，硬能力和软能力一般依赖企业的固有特质，如组织架构、社会资源、团队潜力等，构成企业韧性的静态资源基础。而预警能力、适应能力、学习能力则凸显了企业韧性更深刻的内涵，即企业以更主动的姿态迎接未知挑战的能力[10]。具体而言，预警能力表现为企业对潜在威胁的感知敏锐度，适应能力体现为随机应变的运营效率，学习能力反映为坚持学习并自我改进的危机意识。这三种能力的培育均需要通过企业与环境的长期互动方可逐渐精进，尤其依赖日常经营活动中的反复锤炼，进而使企业韧性具有动态变化和迭代的特点。从动态能力理论[12]视角看，这三种能力恰恰对应企业在VUCA环境中持续调整、整合和重塑内外部资源的核心机制：预警能力反映环境感知能力，使企业能够未雨绸缪；适应能力体现机会把握能力，确保企业快速应对变化；学习能力则支撑组织变革能力，推动持续改进。这种动态能力体系是企业维持长期竞争优势的关键所在。在此理论框架下，智能制造作为“基于新一代信息通信技术与先进制造技术深度融合的新型生产方式”，其价值不仅体现在技术升级层面，更在于它能系统性强化企业的动态能力：通过增强信息获取和处理能力来提升预警灵敏度，通过优化生产经营决策来提高适应能力，通过升级知识创新体系来加速组织学习。这种“技术赋能—能力升级”的转化机制，使企业能够突破静态资源约束，在动态环境中持续提升韧性水平。

第一，智能制造强化了企业的预警能力。所谓“春江水暖鸭先知”，能否获取即时信息并有效利用，是

企业缩小事故负面影响的关键。智能制造不仅降低了企业收集信息的成本，而且提升了企业处理信息的能力[3]，有助于企业及时识别并解释潜在威胁，进而提升企业韧性。借助新一代信息技术，企业可以将不同层级、部门、环节的数据同时汇入信息管理系统，并利用数字技术对数据进行更新和处理。内部信息的互联互通使财务信息和经营状况更透明化，且智能的数据分析技术能更直观地反映核心指标的变动情况，有助于企业在事故萌芽时期便察觉异常，及早采取行动以化解潜在威胁。此外，智能制造的引入亦会推动企业搭建一系列数字平台，实现企业内部与外部环境的信息交换。鉴于数字平台上信息流动和传递的成本极低，企业可以轻松收集海量数据。同时，智能制造系统下的机器学习、大数据分析、云计算等数字技术亦能增强数据筛选和处理能力，使企业从大量数据中提取有用信息，精准把握市场动向，为企业早期识别风险、激活韧性提供条件。

第二，智能制造强化了企业的适应能力。适应能力强调企业对环境变化的迅速响应、灵活调整，甚至采取创造性智谋举措的能力[13]。适应能力帮助企业在激烈的市场竞争中存活下来，这一部分归功于企业家的高瞻远瞩。但是，企业的任何适应行为无法脱离运营框架而凭空实现，因此企业整体运营效率才是更为重要的前提基础[10]。智能制造对企业运营效率的改善体现在生产控制、资源配置和人才使用三个方面。首先，在智能制造模式下生产流程变得智能可控，大幅降低了产品次品率以及人为失误导致的风险损失，生产周期缩短，资金流转速度加快，从而提升了企业的运营效率[14]。其次，生产流程智能化使资源使用可视化，企业不仅可以精细控制生产中的物料消耗，而且能根据资源使用情况灵活调整生产计划。再次，以智能工厂、数字化车间、自动化流水线为典型特征的智能制造生产模式，使“机器换人”日益普遍。智能设备主要替代的是低技能劳动力，对高技能人才将扩大需求，这恰恰推动了企业的人力资本结构优化，进而提升企业的人力资本利用效率。

第三，智能制造强化了企业的学习能力。学习能力是构建企业韧性的关键，因为学习和反思会激发出更强的戒备及更具创造性的智谋行动。大部分企业在经历危机后，通过总结经验和加强学习的方式弥补其在危机中暴露的缺陷[15]。然而，危机都具有特殊性，仅针对性地学习反思对强化企业长期韧性帮助甚微。强韧性企业往往在日常经营中便将学习意识贯彻到底，相较于前者，主动学习带来的改进与创新更能夯实企业的韧性基础[16]。智能制造的引入有助于加强企业主动学习意识。首先，智能制造的技术要求倒逼企业加强学习，企业必须不断增进知识才能维持与之匹配的技术能力。其次，智能制造使企业配置更多高素质人才，这部分员工本身具备较好的学习基础和创新思维。加之智能制造使企业获取信息更加便利，这为员工将所学知识转化为实际创新提供了条件。再次，智能制造被视为赋能实体经济的重要举措，政府出台了一系列政策扶持企业“智造”转型。为符合社会的价值要求，获得政府的资源补贴，企业有动机加强学习、促进创新。基于以上分析，本文提出如下假设：

H1：智能制造提升了实施企业的韧性水平。

如今，企业间的竞争已逐渐演变为整个供应链体系的对决。企业若想在市场中脱颖而出，必须与上游的原材料供应商、技术提供商、设计师等，以及下游的物流商、服务商、经销商等建立紧密合作，以实现供应链的迅速响应和精准对接。这为智能制造沿供应链的扩散影响创造了机会。

中国目前的市场经济仍处于发展阶段，其带来的限制表现为企业间的信息不对称，进而制约企业匹配最优合作伙伴。当市场环境变化时，大多数企业不会轻易替换合作企业，而更愿意等待合作伙伴的调节，或与其讨价还价，或直接为其提供相关援助。这意味着与实施企业有紧密合作关系的企业有可能承接智能制造带来的经济效益，如相对稳定的订单需求和资金来源、及时的市场环境变动信息、战略布局的经验借鉴等，从而带动这些企业韧性的提升。然而，不完善的市场经济也意味着智能制造扩散影响的对象可能并非效率最优者，其带来的经济效益（企业韧性提升）也许无法得到最优呈现。根据胡斌等[17]的研究，此时的供应链联盟组织架构可归纳为“点—线延伸结构”，在智能制造对实施企业完成内部技术改造和革新后，会通过成本较高的“订单垄断”或“追溯链条垄断”向供应链上下游缓慢渗透。因此，本文推测智能制造能够沿着供应链扩散影响，且其扩散具有路径依赖特征，扩散效率将受到供应链权力结构的约束。一方面，替换垄断势力较强的合作企业会带来高昂成本；另一方面，垄断势力较强的合作企业也有能力要求企业为其提供更多商业支持[18]。这意味着更具垄断优势的合作企业将主导供应链的价值分配，因而也更易于捕捉到智能制造的扩散影响。具体而言，强势供应商能通过控制原材料和中间品价格

的垄断行为抬高自身议价能力，进而向下游转嫁成本与风险。强势客户可凭借买方势力要求上游企业为其提供更多“特惠”，如延迟支付货款、降低商品进价等，进而对上游流动性造成侵占。实施企业基于自身利益最大化考量，会同意向强势合作商让渡智能制造带来的部分收益，进而打开智能制造向供应链扩散的“阀门”。基于以上分析，本文提出如下假设：

H2：智能制造具有供应链溢出效应，其韧性提升效果主要体现在更具垄断优势的供应链企业。

（二）机制分析

智能制造强化了实施企业的预警能力、适应能力和学习能力，使得企业韧性显著提升。其中，预警能力强调企业要及时获取和处理信息，适应能力反映出企业运营效率的重要性，学习能力则体现企业须培育主动学习并反思改进的意识。对此，智能制造可通过信息渠道、效率渠道和创新渠道提升企业韧性。

1.信息渠道

智能制造降低了企业的信息传递成本，促使内部信息流动性增强。在传统模式下，企业内部由于部门层级、业务范畴、系统权限等差异，信息流动能力较差，需要投入额外的人力和时间成本来弥补信息差，但也难以避免审批程序烦琐、决策周期冗长、管理者机会主义行为等现象，致使企业难以招架外部环境的突变。而在智能制造模式下，企业通过应用新一代信息技术实现了智能化管理。智能系统收录企业各个部门的核心信息以及各项业务的进展情况，管理者可以通过该系统了解所需信息并下达相关指令，促使内部信息传递更加简单直接，有助于企业根据市场变化灵活安排生产计划。此外，智能化信息系统也便于企业股东即时了解并监督企业的经营情况，进而有效约束管理者的机会主义行为，保证企业投资的合理性和有效性[14]。高效率的信息传递消除了大量不必要的重复沟通，实现了部门间互通互助，使企业能及时识别并化解内部潜在风险，并为企业获取外部信息后加以妥善利用奠定良好基础。

2.效率渠道

智能制造使企业生产更加专业化和标准化[19]，不仅为企业减少了不必要的风险损失，而且提高了生产质量，强化了运营效率。相比于人工生产，自动智能的机器设备能做到以数字计算的精准生产，企业无须承担由人工失误或倦怠带来的额外支出，还能保证相对稳定的良品率。同时，生产的数控化也使要素投入可视化，企业可根据系统提供的数据信息及时清点库存、购置原材料等，压低物料管理成本的同时还能维持正常生产进度。此外，智能制造的数据驱动还将重塑企业的生产流程，实现生产工序无缝衔接且有条不紊地运转。在智能制造模式下，生产流程的数据属性被深度挖掘，企业可根据订单需求对生产流程模块化分解，并针对性地将不同工序所需的数据和要素在系统中加以分配。不同部门的工人只需根据系统提供的工序细节完成工作，负责人只需关注生产进度并及时处理突发情况，而每道工序的衔接流转均被系统实时监督并智能控制。在以数据驱动的生产布局下，企业跨部门协作能力增强，整体运营效率显著提升。

3.创新渠道

随着智能制造的推进，企业战略目标发生巨大改变[2]，越来越多的企业转向自主创新，在此过程中企业的主动学习和反思改进意识逐渐强化。第一，政府大力推动制造业智能制造转型，出台了一系列补贴政策扶持企业转型，相关政策基本覆盖了企业转型所需的各个维度。来自政府的资金资源支持帮助企业分担了创新风险，增加了预期收益，进而调动了企业加强学习、自主创新的积极性。第二，智能制造的先进技术改进了企业的创新驱动模式，企业不仅可以调动内部所有部门群策群力，而且还能让合作企业、消费者共同参与研发创新，做到与市场需求精准匹配，降低自主创新的不确定性。第三，智能制造本质是一场全面的技术变革，绝非简单地引进智能设备[20]。企业必须不断加强学习拓展知识边界，才能适应其中涉及的前沿技术。自主创新与持续性的学习改进相伴相生、相互促进，企业不仅能深刻体会自主创新对长期发展的深远意义，而且持续性的学习与改进意识将推动企业战略调整与变革。基于以上分析，本文提出如下假设：

H3：智能制造通过信息渠道、效率渠道、创新渠道共同提升实施企业的韧性水平。

智能制造为实施企业带来的一系列技术与管理变革会沿供应链对其他企业造成影响，但智能制造的溢出效应更易在具备垄断优势的合作企业中得到体现。这种传导的核心机制在于，垄断方承接实施企业智能制造带来的效益改善后，将其转化为长期能力建设的战略投资，进而促进其自身韧性水平的提升。

在理想情况下，随着智能制造的推进，实施企业在生产经营管理的各个方面得到显著改善，逐渐在价值链各环节形成独特优势，在挑选合作伙伴时将拥有更多自由选择权。对合作企业而言，这意味着若仅维持现阶段的“固化合作”就有可能在不久的将来被替代。因此，合作企业需趁“订单垄断”或“追溯链条垄断”在供应链中仍具有较大影响时，增强自身的竞争优势以应对同类企业的潜在竞争，通过追随实施企业的战略布局推进技术变革，拉近与实施企业的技术距离，增强彼此在合作过程中的协同性，进而巩固双方的合作关系。中国目前的市场经济仍不成熟，更具垄断势力的一方依然能凭借资源、技术控制权相对固化与实施企业的合作网络，“天然”地承接智能制造带来的扩散影响。对上游企业而言，最直观的体现可能是相对稳定且逐渐增长的订单数量，直接改善了自身的资金状况；对下游企业而言，最明显的体现可能是交货质量、交付周期、产能效率等方面的优化，直接改善了自身的现金流动性。稳定的财务状况有助于企业增加投资。更具忧患意识的企业，会在财务状况改善后将资金投入到长期投资中，以缓解后期垄断优势消退带来的负面影响。由于合作企业与实施企业存在长期“捆绑合作”，合作企业更能显著感知智能制造为实施企业带来的一系列改进，进而激发合作企业的危机意识，促使合作企业重视长远布局和技术革新，进而将更多资金投向长期投资。一般而言，能抵御各种短期机会的诱惑、控制自身的短视行为、注重长期竞争优势培养的企业往往具有较高韧性[21]。基于以上分析，本文提出如下假设：

H4：智能制造通过强化供应链企业的长期投资强度带动供应链企业韧性水平提升。

三、研究设计

（一）样本选择与数据来源

本文选取2010—2019年中国A股制造业上市企业为研究样本①。为确保实证检验的可靠性，对样本进行初步筛选：剔除被标记为ST、*ST的样本；剔除关键数据严重缺失或数据明显异常的样本。企业“管理层讨论与分析”（MD&A）文本数据来源于中国研究数据服务平台（CNRDS），企业财务数据以及前五大供销商信息来源于国泰安数据库（CSMAR）。为消除极端值的影响，对所有连续变量进行前后1%的缩尾处理。

（二）变量设定

1.被解释变量

企业韧性（*Res*）。现有研究大多聚焦具体危机事件，通过比较企业在危机前后经济表现衡量企业韧性，忽略了常规情境下的讨论。企业韧性需在长期经营中培育，日常经营中的逆境事件对韧性培育产生深远影响，始终保持良好经营状态并稳定成长的企业普遍具备较高韧性[22]。常规情境下企业韧性既体现于企业对日常经营活动的把控，也体现于对市场未来走势的把握，前者关乎短期生存，后者关乎长期发展。本文将企业韧性理解为低财务波动性和高成长能力的二维结构，采用考虑现金红利再投资的月个股回报率年标准差衡量财务波动性，采用企业三年内销售收入累计增长额衡量成长能力，最后利用熵权法计算综合得分作为企业韧性指标[23]。一方面，股价能实时地反映企业经营状态，包含基本面信息及市场预期变化，波动率较低表明企业经营状态稳定且被投资者看好；另一方面，销售收入累计增长体现绩效的持续变化，增长额较高表明企业长期成长能力较强。因此，综合得分越高，企业韧性越强。

① 本文将样本选取截至2019年，是为了对应前文提出的更多关注于常规情境下的企业韧性表现。新冠病毒感染疫情属于罕见特殊的危机事件，若将该时间段样本纳入，可能影响本文对企业在常规情境下韧性表现的判断。后文也补充了基于2010—2022年样本的回归分析。

2.核心解释变量

智能制造(*IM*)。借鉴已有文献做法,本文通过统计企业年报中与智能制造相关词汇的出现频率衡量企业的智能制造水平。具体采用赵宸宇等[24]对企业智能制造相关词汇的认定,将年报文本中反映“智能”“智能化”“自动”“数控”“一体化”“集成”等方面的关键词作为构建智能制造指标的基础。

3.控制变量

本文从企业的基本特征、财务水平、治理结构等方面进行控制,选定控制变量包括企业规模(*Sca*)、企业年龄(*Age*)、总负债率(*TDR*)、固定资产比重(*FAR*)、现金持有比率(*Cas*)、市场价值(*TBQ*)、股权集中度(*Top*)、两职合一(*Dua*)、独立董事比率(*Ind*)、监管层持股数(*BOM*)。具体变量说明及描述性统计结果见表1。

表1 变量说明及描述性统计结果

变量名称	变量符号	变量说明	均值	标准差	最小值	最大值
企业韧性	*Res*	利用熵权法计算企业财务波动性和成长能力的综合得分	0.871	0.124	0.053	0.978
智能制造	*IM*	基于文本分析法	1.094	1.044	0	3.951
企业规模	*Sca*	职工人数的自然对数	7.666	1.164	4.898	10.865
企业年龄	*Age*	企业年龄的自然对数	1.909	0.933	0	3.258
总负债率	*TDR*	总负债/总资产	0.397	0.207	0.049	0.959
固定资产比重	*FAR*	固定资产净额/总资产	0.228	0.139	0.011	0.630
现金持有比率	*Cas*	(货币资金+交易性金融资产)/总资产	0.198	0.143	0.017	0.682
市场价值	*TBQ*	总市值/总资产	2.097	1.283	0.903	8.353
股权集中度	*Top*	第一大股东持股比率(单位:%)	34.177	14.190	9.000	73.130
两职合一	*Dua*	董事长与总经理是否为同一人	0.307	0.461	0	1.000
独立董事比率	*Ind*	独立董事人数/董事人数	0.382	0.072	0.250	0.600
监管层持股数	*BOM*	监管层持股数量的自然对数	15.807	3.457	6.908	20.303

(三)模型设定

为探究智能制造对企业韧性的影响,本文首先检验智能制造与实施企业韧性的关系,具体构建基准回归模型如下:

$$Res_{it}=a_0+a_1IM_{it}+a_2X_{it}+\delta_i+\epsilon_{jt}+\varepsilon_{it} \tag{1}$$

其中,Res_{it}为被解释变量,表示实施企业i在t年的韧性值;IM_{it}为核心解释变量,表示企业i在t年的智能制造水平;X_{it}为上文所述的系列控制变量;同时,在回归模型中加入企业固定效应(δ_i)以及行业—年份二维固定效应(ϵ_{jt});ε_{it}为残差项。为考察智能制造是否具有供应链溢出效应,本文进一步检验智能制造与供应链企业韧性的关系,具体构建回归模型如下:

$$Res_{lt}=b_0+b_1IM_{it}+b_2IM_{lt}+b_3X_{lt}+\zeta_l+\eta_{jt}+\theta_{lt} \tag{2}$$

其中,被解释变量Res_{lt}替换为实施企业i对应的上下游企业l[①]在t年的韧性值;核心解释变量依然是IM_{it},同时为控制上下游企业自身智能制造水平对结果的影响,进一步加入IM_{lt};X_{lt}、企业固定效应(ζ_l)、行业—年份二维固定效应(η_{jt})也相应替换为上下游企业l所在维度的指标;θ_{lt}为残差项。

四、实证结果与分析

(一)基准回归结果

智能制造与企业韧性的关系检验结果见表2。第(1)列基于2010—2019年的样本数据展开回归,在加入一系列控制变量以及企业、行业—年份固定效应后,智能制造的回归系数为0.004,并在5%的水平

① 本文仅保留上下游企业为上市企业的数据。

下显著。由此可知智能制造与实施企业韧性水平呈正相关关系，说明在常规情境下智能制造帮助实施企业渐进式培育韧性。第(2)列在第(1)列的基础上拓展了样本的时间跨度，以2010—2023年的样本数据重新回归，目的是考察包含新冠病毒感染疫情期间的企业数据是否会对本文的回归结果造成影响。结果显示智能制造的回归系数显著为正，但其系数值有所降低。这印证了本文区分常规情境和特殊情境讨论企业韧性问题的必要性。若将疫情期间的样本纳入，虽能得出智能制造为企业提供韧性支撑的结论，但会低估智能制造帮助企业在日常经营中渐进式培育韧性的积极影响①。

本文进一步探讨智能制造在常规情境下的韧性提升作用能否沿实施企业所在供应链向上下游企业传递②，估计结果见表2第(3)～(5)列。首先，在不区分上下游企业的情况下，实施企业智能制造的回归系数为0.002并在10%的水平下显著，说明实施企业的智能制造可提升其所在供应链上下游企业的韧性水平，即智能制造具有供应链溢出效应。这表明若忽略智能制造的溢出效应，则可能低估智能制造对整体企业韧性的提升效果。其次，在区分上下游企业的情况下，智能制造显著提升了上游企业的韧性，而对下游企业的韧性无明显影响③。这可能是因为上游企业的垄断势力普遍较强，而下游企业的垄断势力普遍较弱所致。这导致实施企业更偏向于与上游企业达成紧密合作，通过提供商业贷款、缩短应付账款周期、提高订单量等方式来换取更低的采购单价。而面对较为弱势的下游企业，实施企业降低产品销售价格的动机较弱，使下游企业难以直接承接其上游企业优化调整带来的相关益处。这一结果与蔡宏波等[18]的研究相似，即下游企业更倾向于将所受的优化或激励向上游传递，而处于上游的企业则更倾向于将相关优势“禁锢”于企业内部。

此外，在针对供应链企业回归时，这些企业自身智能制造的系数虽为正但并不显著。这可能是因为本文在筛选实施企业的前五大供销商时剔除了非上市企业，且为更大程度捕捉智能制造对上下游企业韧性的影响，本文未将上下游企业严格限定为制造业企业，由此可能会影响该变量的显著性。不过，本文重点关注的是实施企业智能制造的韧性提升作用能否沿供应链扩散，故仅通过加入上下游企业的智能制造水平来避免遗漏变量带来的偏误，不过多关注其显著性问题。综合来看，智能制造不仅能提升实施企业的韧性水平，而且存在一定的供应链溢出效应，其韧性提升效果更多体现于上游企业，假设H1和H2成立。

表2　基准回归估计结果

变量	(1)企业韧性(2010－2019年)	(2)企业韧性(2010－2023年)	(3)供应链企业韧性	(4)上游企业韧性	(5)下游企业韧性
IM_{it}	0.004**	0.001***	0.002*	0.003*	－0.001
	(0.002)	(0)	(0.001)	(0.001)	(0.002)
IM_{lt}			0.002	0.001	0.002
			(0.002)	(0.002)	(0.004)
R^2	0.465	0.490	0.909	0.971	0.936
观测值数	12 371	20 717	1 201	372	656

注：1. ()内为企业层面聚类的稳健标准误。

2. ***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著。

3. 企业、行业—年份固定效应已控制，控制变量估计结果留存备索。

(二)稳健性检验④

1.被解释变量分解与替换

前文基于财务波动性和成长能力构建了企业韧性综合指标，但不能明确智能制造对不同维度的企业

① 本文还通过引入疫情虚拟变量、基于2020—2023年数据回归的方法，验证了非常规事件引入确实会弱化常规情境下智能制造对企业韧性的培育作用。

② 此后的实证检验中，本文采用的均为2010—2019年中国A股制造业上市企业的相关数据。

③ 有研究指出当企业的供应链集中度较高时，其供应链整合能力也较强，进而会影响供应链溢出效应。为此，本文还尝试在式(2)中引入实施企业的供应链集中度指标进行回归，结果显示引入该指标后也不会影响本文的基本结论。

④ 根据基准回归结果，实施企业智能制造的供应链溢出效应主要体现在上游企业，故本文主要针对上游企业进行稳健性检验。囿于篇幅，稳健性检验结果留存备索。

韧性作用究竟如何。为此，本文将企业韧性指标分解，分别基于财务波动性和成长能力考察智能制造的韧性提升作用。首先，单独基于财务波动性维度衡量企业韧性，将被解释变量分别替换为不考虑现金红利再投资的月个股回报率的年标准差、不考虑现金红利再投资的日个股回报率的年标准差、以日个股回报率对综合日市场回报率进行市场模型回归后得到的残差标准差。其次，单独基于成长能力维度，将被解释变量替换为利润总额增长率、可持续增长率、总资产净利润率。回归结果显示，智能制造提升了实施企业在财务波动和成长能力两个维度的韧性水平。但针对上游企业的回归则出现差异，智能制造主要提升上游企业在财务波动维度的韧性，对成长能力维度的韧性提升作用并不明显，说明智能制造带给上游企业最直接的影响是改善其资金状况，而长期成长能力则需要更长时间的积累。不过，这一检验结果未改变本文的基本结论。

2.替换解释变量

首先，本文改变企业智能制造水平的计算规则，采用经行业均值调整后的智能制造指标替换原解释变量。其次，借鉴陈俊华等[1]的研究，将上市企业年报中提取的与智能制造相关的词频数除以MD&A文本总词数并乘以100，作为衡量企业智能制造水平的另一指标。回归结果显示，替换后的智能制造指标系数依然显著为正，进一步证实了本文结论的稳健性。

3.加入省份—年份二维固定效应

为提高研究的精度，本文在原有模型基础上加入省份—年份二维固定效应，以控制省份随时间变化的不可观测因素对企业韧性的影响。回归结果显示，本文基本结论依然成立。

（三）内生性检验①

1.解释变量滞后1期

智能制造与企业韧性之间可能存在因果关系。首先，对实施企业而言，韧性较强的企业可能更具长远眼光，因而会积极推行智能制造。其次，对上游企业而言，韧性较强的上游企业可能更“挑剔”地选择合作伙伴，因而会更青睐与智能制造水平较高的企业合作。对此，本文将核心解释变量滞后1期，重新检验智能制造与企业韧性的关系。回归结果显示，在实施企业层面，滞后处理的智能制造指标回归系数仍显著为正。在上游企业层面，本文同时将上游企业与实施企业的智能制造水平滞后1期，结果显示核心变量的估计系数仍显著为正，再度证明本文基本结论稳健。

2.考虑遗漏变量

前文通过严格控制个体固定效应和高维固定效应来缓解遗漏变量带来的内生性问题，检验发现智能制造具有一定的供应链溢出效应。由此可推，在基准回归时也应将上下游企业的智能制造水平考虑在内。为此，本文在式(1)中分别引入实施企业所在供应链上下游企业的智能制造指标并重新回归。首先，实施企业自身的智能制造指标依然显著为正，这印证了智能制造能提升实施企业韧性的结论。其次，其上游企业的智能制造不显著，而其下游企业的智能制造显著为正，这表明上游企业的智能制造活动不会对其下游企业造成影响，而下游企业的智能制造活动会带动提升其上游企业的韧性水平。这从另一角度验证了前文结论，智能制造的供应链溢出效应主要表现为向上游扩散。

3.工具变量法

智能制造涉及“数”与“智”的融合，根据工业机器人的使用程度可衡量企业智能制造水平。王永钦等[25]利用美国同行业工业机器人数据构建中国企业工业机器人渗透度的工具变量，为后续文献寻求企业层面工业机器人应用水平、智能制造水平的工具变量提供了思路。基于此，本文计算美国制造业各行业的机器人使用密度，并根据中国企业在行业中的职工人数占比将该行业数据匹配到企业，进而得到所

① 根据基准回归结果，智能制造的供应链溢出效应主要体现在上游企业，故除特殊说明外，本文主要针对上游企业进行内生性检验。囿于篇幅，内生性检验结果留存备索。

需的工具变量。一方面，美国制造业各行业的机器人使用密度与中国同行业的智能制造水平密切相关。这是因为中国智能制造需靠发达国家的渗透带动，即中国工业机器人的应用水平虽落后于美国，但机器人应用趋势与美国接近[26]。另一方面，他国的机器人使用密度不会直接影响中国企业的韧性。智能制造影响实施企业韧性的第二阶段回归结果显示，该系数依然显著为正。至于上游企业，本文以同样方法构建上游企业自身的智能制造指标。回归结果显示，智能制造指标的系数为0.003，且在5%的水平下显著。本文基本结论依然成立①。

4.倾向得分匹配—双重差分检验

为缓解内生性并检验智能制造与企业韧性的因果关系，本文以2015—2018年“智能制造试点示范专项行动”作为准自然实验，构建多时点双重差分模型进行补充检验。2015年国务院印发《中国制造2025》为制造业转型升级指明了方向。具体实践上，2015—2018年工业和信息化部（简称“工信部”）每年评选一批智能制造试点示范项目。该项目的推行为本文提供了良好的准自然实验环境。

根据工信部公布的试点示范项目名单，本文逐年识别被认定为智能制造试点示范项目的制造业上市企业作为实验组。为控制样本自选择性偏差，本文采用倾向匹配方法对原始样本进行配对。以前文控制变量作为配对变量，采用有放回的1∶1最近邻匹配筛选样本。为使智能制造试点示范项目的影响更“纯粹”，本文依据前文统计的企业年报中智能制造相关词频数据进一步筛选对照组企业，仅保留当年智能制造词频为0的对照组样本②。本文构建模型如下：

$$Res_{it}=c_0+c_1DID_{it}+c_2X_{it}+\vartheta_i+\iota_t+\mu_{it} \tag{3}$$

其中，Res_{it}为企业i在t年的韧性值；DID_{it}为新核心解释变量，若企业i在t年被选为智能制造试点示范企业则取值为1，否则为0；X_{it}的选择与基准模型一致；至于固定效应，本文与已有文献的做法一致，引入企业固定效应（ϑ_i）和年份固定效应（ι_t）；μ_{it}为残差项。若DID_{it}的系数c_1显著为正，则表明入选智能制造试点示范项目的企业韧性得到提升。为确保估计结果的稳健性，本文将DID进一步分解为5个哑变量，以检验式（3）是否满足平行趋势假设。这些哑变量在试点企业入选名单的前两年、前一年、当年、后一年、后两年时取值为1，否则为0。

首先，本文关注智能制造试点示范项目能否提升试点企业的韧性。结果显示，DID_{it}的系数为0.007且在5%的水平下显著。在剔除2018年入选企业后重新回归，以缓解样本截止年份与最后一批入选试点示范项目时间太近的问题，此时DID_{it}的系数依然显著为正。随后，本文将DID分解后的系列哑变量加入式（3）进行平行趋势检验。结果显示，实验组与对照组的企业韧性在项目启动前无显著差别，项目启动后实验组的企业韧性水平显著高于对照组，表明满足平行趋势假设，估计结果有效。这为后续智能制造沿供应链传导提供了条件。

其次，本文关注智能制造试点示范项目带来的韧性提升能否沿供应链向上游企业传递，在式（3）基础上构建上游企业回归模型：

$$Res_{lt}=d_0+d_1DID_{it}+d_2did_{lt}+d_3X_{lt}+\lambda_l+\nu_t+\varphi_{lt} \tag{4}$$

两个模型的不同之处在于：式（4）将被解释变量、控制变量、固定效应分别替换为上游企业层面指标，核心解释变量除实施企业的DID_{it}外，还加入了上游企业的did_{lt}以控制上游企业被认定为试点单位的影响。若DID_{it}的系数d_1显著为正，则说明上游企业的韧性水平将受到下游实施企业智能制造活动的提升，即智能制造具有供应链溢出效应。结果显示，DID_{it}的系数为0.018且在1%的水平下显著。将模型中的did_{lt}删去后，直接剔除样本期内被认定的上游企业样本重新回归，此时DID_{it}的系数仍显著为正。结果表明，企业参与智能制造试点示范项目有助于提升其上游企业韧性，证明智能制造具有供应链溢出效应。此外，参照前文做法引入年份哑变量进行平行趋势检验。结果显示，仅代表企业被纳入试点名单

① 本文也尝试同时替换实施企业的智能制造指标，但回归结果并不显著，这可能是因为实施企业智能制造与上游企业韧性之间本身的内生性不强，同时替换后反而会带来过度控制偏差。

② 智能制造是制造业企业转型升级的主攻方向，受到各级政府的大力支持，如果企业有实施智能制造则一定会着重宣传并在年报中有所体现，如果年报中没有智能制造相关词汇则可以判定该企业没有实施智能制造[5]。

当年及后一年的哑变量回归系数显著为正[①]，可见式(4)满足平行趋势假设，检验结果与基本结论一致。

五、进一步分析

(一)智能制造提升实施企业韧性的机制检验

根据理论分析，智能制造通过信息渠道、效率渠道、创新渠道共同提升实施企业的韧性。参考袁淳等[26]的机制检验思路，本文预期若上述机制成立，则智能制造应更有利于信息化水平低、运营效率差、创新能力弱的企业，其韧性提升效果会更明显。对此，本文首先直接检验智能制造对信息化水平、运营效率、创新能力的影响，随后采用分组回归方法检验影响机制是否成立。

1.信息渠道

本文以数字化相关的无形资产占比来衡量企业的信息化水平。随后，以企业所在行业的信息化水平中位数将样本划分为信息化水平较高组和信息化水平较低组，分别检验智能制造在不同组别下对企业韧性的影响，检验结果如表3第(1)～(3)列所示。第(1)列结果显示智能制造与企业信息化水平正相关。第(2)(3)列结果显示，当企业信息化水平较低时，智能制造的估计系数显著为正，当企业信息化水平较高时，智能制造的估计系数不显著。这表明智能制造能通过提升企业信息化水平来强化企业韧性，即信息渠道机制成立。

2.效率渠道

本文以总资产周转率作为度量企业运营效率的指标。同时，以企业所在行业的总资产周转率中位数作为划分依据，将样本分为运营效率较高组和运营效率较低组进行回归检验，具体结果如表3第(4)～(6)列所示。第(4)列检验了智能制造与企业运营效率的关系，结果显示智能制造系数显著为正。第(5)(6)列结果显示，智能制造系数仅在运营效率较低的企业组显著，说明智能制造对其韧性水平有更显著的强化作用，表明智能制造通过效率渠道提升企业韧性的机制成立。

3.创新渠道

本文以下一年企业申请专利的他引次数合计数加1的对数值衡量企业的创新能力。以企业所在行业的创新能力中位数作为划分依据，将样本分为创新能力较高组和创新能力较低组进行回归检验，表3第(7)列是对智能制造与企业创新能力关系的初步检验，结果显示智能制造显著提升了企业的创新能力。第(8)(9)列分别为不同组别情况下智能制造对企业韧性的影响。结果显示，当企业创新能力较弱时，智能制造能对其韧性水平起到明显提升效果，说明智能制造通过创新渠道强化企业韧性的机制成立。

表3 智能制造强化实施企业韧性的机制检验估计结果

变量	(1)企业信息化水平	(2)高企业信息化水平	(3)低企业信息化水平	(4)企业运营效率	(5)高企业运营效率	(6)低企业运营效率	(7)企业创新能力	(8)高企业创新能力	(9)低企业创新能力
IM_{it}	0.727***	0.002	0.006*	0.006**	0.003	0.005*	0.036***	0.003	0.006***
	(0.012)	(0.003)	(0.003)	(0.004)	(0.003)	(0.003)	(0.013)	(0.002)	(0.002)
R^2	0.863	0.517	0.524	0.853	0.526	0.512	0.903	0.534	0.588
观测值数	12 253	5 570	6 035	12 252	5 732	6 026	10 326	5 677	4 643

注：1.()内为企业层面聚类的稳健标准误。

2.***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著。

3.企业、行业—年份固定效应已控制，控制变量估计结果留存备索。

① 代表企业被纳入试点名单后两年的哑变量，由于缺乏足够数据自动识别为存在多重共线性而被省略，但这并不影响式(4)满足平行趋势假设的结论。

（二）智能制造提升上游企业韧性的机制检验

结合理论分析，智能制造对供应链企业的韧性带动作用需要满足两点要求：其一，在实施企业实施智能制造后，其合作企业的财务状况得到改善；其二，合作企业会将更多资金投向有利于韧性建设的长期投资活动。对此，本文引入上游企业的长期投资强度指标，采用两步法进行检验，回归结果如表4所示。第（1）列结果表明，实施企业实施智能制造会明显推动上游企业增加长期投资。重视长期投资的企业往往具备更高韧性，由于其自律性和自我控制能力较强，不仅能抵御各种短期机会主义诱惑，而且注重积累更多资源，以便在市场环境发生变化时起到平滑风险的作用。第（2）（3）列结果显示，相比于原本长期投资强度较高的企业组，智能制造更能提升原本长期投资强度较低企业组的韧性水平，这说明智能制造推动上游企业增加长期投资，进而提升上游企业韧性水平的机制成立①。为了印证智能制造确实能改善上游企业的财务状况，本文检验了实施企业智能制造与上游企业应收账款周转天数、营业收入、总资产周转率的关系，结果显示企业实施智能制造后，其上游企业的运营绩效和资金状况得到改善，这为上游企业加强长期投资提供了资金支持。

表4　智能制造强化上游企业韧性的机制检验估计结果

变量	（1）长期投资强度	（2）高长期投资强度	（3）低长期投资强度	（4）应收账款周转天数	（5）营业收入	（6）总资产周转率
IM_{it}	0.004**	0.001	0.003**	−2.103*	0.027***	0.017**
	（0.002）	（0.001）	（0.001）	（1.157）	（0.010）	（0.008）
R^2	0.900	0.995	0.980	0.970	0.997	0.984
观测值数	339	134	151	372	372	372

注：1.（）内为企业层面聚类的稳健标准误。

2. ***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平下显著。

3. 企业、行业—年份固定效应已控制，控制变量估计结果留存备索。

（三）智能制造供应链溢出效应的进一步解释

前文表明，智能制造的供应链溢出效应有限，主要体现在对上游企业韧性的影响，对下游企业韧性无明显作用。对此，本文推测这是受企业间垄断势力影响所致。上游企业垄断势力更强，实施企业倾向于向上游让渡智能制造带来的效益以进一步压低成本，从而形成智能制造向上游溢出的通道。基于此，可得出两点推论：其一，上游企业具备较强的垄断势力（或至少强于实施企业）；其二，实施企业自身的垄断势力会调节智能制造供应链溢出效果。

为检验上述观点，本文以勒纳指数（*PCM*）衡量企业垄断势力，定义勒纳指数＝（营业收入－营业成本－销售费用－管理费用）/营业收入，数值越大，企业垄断势力越强。分别计算实施企业和上游企业的勒纳指数，并定义：若上游企业的勒纳指数高于其所在行业中位数或高于其对应的实施企业，则为强垄断势力组，反之则为弱垄断势力组。同时，本文还采用企业所在行业的市场竞争程度间接反映企业的垄断势力，具体基于赫芬达尔指数（*HHI*）衡量行业竞争程度，并定义：若上游企业所在行业的赫芬达尔指数高于中位数或高于其对应的实施企业所在行业，则归为低竞争行业，反之则为高竞争行业。分组结果显示，本文样本中上游企业普遍垄断势力较强，仅少数上游企业被划分为弱垄断势力组或高竞争行业组，与现有文献结论一致。随后，本文基于以上4组样本进行回归检验。根据表5第（1）～（4）列结果②，智能制造仅能带动具有较强垄断势力或处于低竞争行业的上游企业韧性水平提升，表明上游企业因其较强垄断势力而顺利捕获了智能制造带来的扩散影响。

随后，本文检验实施企业自身垄断势力的调节作用，将实施企业的垄断势力值引入供应链层面的式（2）进行调节效应分析，检验结果如表5第（5）列所示。IM_{it}的估计系数依然显著为正，但交互项$IM_{it}\times$

① 本文也检验了智能制造与上游企业创新活动的关系，指标包括创新效率、创新质量、专利被引次数等，结果发现智能制造的系数并不显著。这可能是因为智能制造溢出效应本身属于间接影响，转变企业的投资倾向较为容易，而要想转化为实质性创新能力则需要更长时间积累或更直接的引导。

② 第（2）列$R^2=1$系样本量较少导致的技术性结果。在此，本文重点关注的是其与第（1）列的回归结果对比。

PCM_{it}的估计系数显著为负，说明智能制造的供应链溢出效应会受到实施企业垄断势力的调节，实施企业垄断势力越强，智能制造的供应链溢出效应越弱。Fisman等[27]的研究也发现，垄断势力较强的企业缺乏激励为合作企业提供商业信贷，而议价能力较弱的企业通常被迫让渡所得效益。

综合来看，由于上游企业垄断势力较强或至少强于实施企业，智能制造的供应链溢出效应主要体现在上游，但具体效果还将受到实施企业自身垄断势力的调节。由此，偏下游的企业实施智能制造，能更多地激发智能制造的供应链溢出效应，带动更多供应链企业韧性提升，这对中国引导不同性质的企业实施智能制造具有借鉴意义。

表5 智能制造供应链溢出效应的进一步解释估计结果

变量	(1)强垄断势力	(2)弱垄断势力	(3)高竞争行业	(4)低竞争行业	(5)上游企业韧性
IM_{it}	0.002* (0.001)	−0.001 (0)	−0.001 (0.001)	0.003* (0.002)	0.004** (0.001)
$IM_{it}\times PCM_{it}$					−0.198* (0.117)
PCM_{it}					0.166 (0.129)
R^2	0.974	1.000	0.994	0.976	0.970
观测值数	253	53	98	200	363

注：1. 以上回归均基于上游企业样本。

2. ()内为企业层面聚类的稳健标准误。

3. **和*分别表示在5%和10%的水平下显著。

4. 企业、行业—年份固定效应已控制，控制变量估计结果留存备索。

六、结论与政策启示

本文聚焦常规情境下智能制造如何为企业提供韧性来源这一议题，以2010—2019年中国A股制造业上市企业为研究样本，考察智能制造与企业韧性的关系。研究发现有三点。第一，智能制造不仅能提升实施企业的韧性水平，而且能带动提升实施企业所在供应链上游企业的韧性水平，证明智能制造的企业韧性提升作用具有一定的供应链溢出效应，该结论在一系列稳健性检验后依然成立。第二，机制分析发现，智能制造主要通过信息渠道、效率渠道、创新渠道共同提升实施企业的韧性水平；而对于上游企业，智能制造主要通过强化其长期投资强度来提升韧性水平。第三，进一步分析显示，企业间的垄断势力差异导致智能制造的供应链溢出效应具有非对称性。上游企业垄断势力普遍较强或至少强于实施企业，是上游企业能吸收智能制造韧性外溢效果的关键，但最终效果也会受到实施企业自身垄断势力的调节影响。本文研究带来的政策启示如下：

第一，构建智能制造多维度推进体系，放大智能制造的韧性乘数效应。首先，智能制造能直接有效提升实施企业的韧性水平。对龙头企业，可将其纳入国家智能制造示范名录，根据行业特征和技术要求为其提供财政补贴和技术路线指导，以尽快形成智造转型的成功案例，为其他企业转型提供经验，更大程度发挥先行企业的牵引作用。对中小企业，应加大政策扶持力度并借助工业互联网平台提供免费接入培训，尽可能降低企业智能化转型门槛和风险。其次，智能制造具有供应链溢出效应。政府可引导设计供应链共生机制，通过激活产业链协同，促使供应链企业加强智造转型的技术共享、经验交流和资金流通等，进而提升供应链整体韧性。例如，政府可试点发行以产业链为交易对象的金融工具，为链内企业募集专项资金的形式拉近上下游关系。

第二，深化对作用机制的精准干预，疏通智造赋能企业韧性的传导路径。首先，对实施企业，政策应着力协同畅通信息、效率与创新三大渠道：通过建设安全可信的工业互联网平台促进数据要素流通，降低信息成本；提供技改融资与贴息支持，加速自动化升级与柔性生产体系部署；运用税收优惠等工具，激励数字技术与工艺深度融合的创新型改造。其次，对上游企业，政策重点在于稳定长期预期、激励研发投资，可通过设立供应链韧性基金、完善“首台套”风险补偿机制等方式，增强其未来投资信心与能力。此

外，需构建供应链系统性支撑体系，如建立供应链韧性评估与示范激励机制，强化实施企业向上下游赋能的动力，形成供应链协同进化的闭环，增强制造业在复杂环境中的动态适应性与整体韧性。

第三，破除供应链权力结构约束，强化智能制造扩散效率。首先，越靠下游、垄断势力越弱的企业实施智能制造，越能更大程度地扩散智能制造经济效益。政府可适当将相关减税补贴政策向这部分企业倾斜，激发其“以智带链”的积极性。其次，可通过鼓励上游企业技术反哺弱化垄断压制，对主动开放智能制造技术标准的垄断企业给予技改专项支持，对主动带动下游智能化改造的上游企业设置奖励政策。再次，加强对链主企业的韧性考核，将供应链韧性提升作为智能制造项目验收标准之一，根据企业实际建设情况给予补贴或惩罚。例如，未达标企业需返还一定补贴资金用于链内弱势企业托底支持。通过下游实施激励、上游技术疏解、链内责任绑定的机制，将垄断势力的结构约束转化为智能制造扩散影响的治理杠杆。

参考文献：

[1] 陈俊华，郝书雅，易成.数字化转型、破产风险与企业韧性[J].经济管理，2023，45(8)：26-44.
CHEN J H，HAO S Y，YI C. Digital transformation，bankruptcy risk and enterprise resilience[J]. Business and Management Journal，2023，45(8)：26-44.

[2] 权小锋，李闯.智能制造与成本粘性：来自中国智能制造示范项目的准自然实验[J].经济研究，2022，57(4)：68-84.
QUAN X F，LI C. Cost stickiness mitigation effect of intelligent manufacturing：on a quasi-natural experiment of Chinese intelligent manufacturing demonstration project[J]. Economic Research Journal，2022，57(4)：68-84.

[3] 尹洪英，李闯.智能制造赋能企业创新了吗：基于中国智能制造试点项目的准自然试验[J].金融研究，2022，65(10)：98-116.
YIN H Y，LI C. Can intelligent manufacturing empower enterprise innovation? A quasi-natural experiment based on China's intelligent manufacturing demonstration project[J]. Journal of Financial Research，2022，65(10)：98-116.

[4] 黄卓，陶云清，刘兆达，等.智能制造如何提升企业产能利用率：基于产消合一的视角[J].管理世界，2024，40(5)：40-59.
HUANG Z，TAO Y Q，LIU Z D，et al. How does intelligent manufacturing improve enterprise capacity utilization? Based on the perspective of integration of production and consumption[J]. Journal of Management World，2024，40(5)：40-59.

[5] LENGNICK-HALL C A，BECK T E，LENGNICK-HALL M L. Developing a capacity for organizational resilience through strategic human resource management[J]. Human Resource Management Review，2011，21(3)：243-255.

[6] WILLIAMS T A，GRUBER D A，SUTCLIFFE K M，et al. Organizational response to adversity：fusing crisis management and resilience research streams[J]. Academy of Management Annals，2017，11(2)：733-769.

[7] BUYL T，BOONE C，WADE J B. CEO narcissism，risk-taking，and resilience：an empirical analysis in U.S. commercial banks[J]. Journal of Management，2019，45(4)：1372-1400.

[8] BURNARD K，BHAMRA R. Organisational resilience：development of a conceptual framework for organisational responses[J]. International Journal of Production Research，2011，49(18)：5581-5599.

[9] 单宇，许晖，周连喜，等.数智赋能：危机情境下组织韧性如何形成：基于林清轩转危为机的探索性案例研究[J].管理世界，2021，37(3)：84-104.
SHAN Y，XU H，ZHOU L X，et al. Digital and intelligent empowerment：how to form organizational resilience in crisis? An exploratory case study based on Forest Cabin's turning crisis into opportunity[J]. Journal of Management World，2021，37(3)：84-104.

[10] 李平，竺家哲.组织韧性：最新文献评述[J].外国经济与管理，2021，43(3)：25-41.
LI P，ZHU J Z. A literature review of organizational resilience[J]. Foreign Economics & Management，2021，43(3)：25-41.

[11] 卢彬彬，耿慧茹.数字化对企业韧性的影响机制分析[J].科技管理研究，2025，45(3)：128-138.
LU B B，GENG H R. Analysis of the impact mechanisms of digitalization on enterprise resilience[J]. Science and

Technology Management Research，2025，45(3)：128-138.
[12] TEECE D J. Explicating dynamic capabilities：the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance [J]. Strategic Management Journal，2007，28(13)：1319-1350.
[13] WILLIAMS T A，SHEPHERD D A. Building resilience or providing sustenance：different paths of emergent ventures in the aftermath of the Haiti earthquake[J]. Academy of Management Journal，2016，59(6)：2069-2102.
[14] 谷城，张树山.智能制造何以实现企业绿色创新"增量提质"[J].产业经济研究，2023，22(1)：129-142.
GU C，ZHANG S S. Intelligent manufacturing：how to achieve enterprise green innovation by improving quantity and quality[J]. Industrial Economics Research，2023，22(1)：129-142.
[15] STOVERINK A C，KIRKMAN B L，MISTRY S，et al. Bouncing back together：toward a theoretical model of work team resilience[J]. Academy of Management Review，2020，45(2)：395-422.
[16] BARTON M A，KAHN W A. Group resilience：the place and meaning of relational pauses[J].Organization Studies，2019，40(9)：1409-1429.
[17] 胡斌，王莉丽.物联网环境下的企业组织结构变革[J].管理世界，2020，36(8)：202-210.
HU B，WANG L L. Innovation of enterprise organizational structure in IoT environment[J]. Journal of Management World，2020，36(8)：202-210.
[18] 蔡宏波，汤城建，韩金镕.减税激励、供应链溢出与数字化转型[J].经济研究，2023，58(7)：156-173.
CAI H B，TANG C J，HAN J R. Tax reduction incentives，supply chain spillover and digital transformation[J]. Economic Research Journal，2023，58(7)：156-173.
[19] ACEMOGLU D，RESTREPO P. The race between man and machine：implications of technology for growth，factor shares，and employment[J]. American Economic Review，2018，108(6)：1488-1542.
[20] 陈勇兵，李辉，林雄立.劳动保护与企业智能制造转型：来自机器人进口的证据[J].数量经济技术经济研究，2023，40(6)：133-152.
CHEN Y B，LI H，LIN X L. Employment protection and intelligent manufacturing：evidence from imports of robots [J]. Journal of Quantitative & Technological Economics，2023，40(6)：133-152.
[21] BEARDEN W O，MONEY R B，NEVINS J L. A measure of long-term orientation：development and validation[J]. Journal of the Academy of Marketing Science，2006，34(3)：456-467.
[22] 任广乾，赵梦洁，李俊超.逆向混改何以影响民营企业韧性：基于董事关系网络的视角[J].财经科学，2023，67(5)：92-110.
REN G Q，ZHAO M J，LI J C. How does reverse mixed reform affect private enterprises' resilience：a study based on director relationship network perspective[J]. Finance & Economics，2023，67(5)：92-110.
[23] ORTIZ-DE-MANDOJANA N，BANSAL P. The long-term benefits of organizational resilience through sustainable business practices[J]. Strategic Management Journal，2016，37(8)：1615-1631.
[24] 赵宸宇，王文春，李雪松.数字化转型如何影响企业全要素生产率[J].财贸经济，2021，42(7)：114-129.
ZHAO C Y，WANG W C，LI X S. How does digital transformation affect the total factor productivity of enterprises [J]. Finance & Trade Economics，2021，42(7)：114-129.
[25] 王永钦，董雯.机器人的兴起如何影响中国劳动力市场：来自制造业上市公司的证据[J].经济研究，2020，55(10)：159-175.
WANG Y Q，DONG W. How the rise of robots has affected China's labor market：evidence from China's listed manufacturing firms[J]. Economic Research Journal，2020，55(10)：159-175.
[26] 袁淳，肖土盛，耿春晓，等.数字化转型与企业分工：专业化还是纵向一体化[J].中国工业经济，2021，39(9)：137-155.
YUAN C，XIAO T S，GENG C X，et al. Digital transformation and division of labor between enterprises：vertical specialization or vertical integration[J]. China Industrial Economics，2021，39(9)：137-155.
[27] FISMAN R，RATURI M. Does competition encourage credit provision? Evidence from African trade credit relationships[J]. The Review of Economics and Statistics，2004，86(1)：345-352.

编辑：郑雅妮，王磊

How Does Intelligent Manufacturing Improve Enterprise Resilience: Evidence from Conventional Situations

LU Xianxiang, HU Ying

School of Economics, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China

Summary As the micro-foundation of macro economy, on the one hand, enterprises are confronted with an increasingly unstable external business environment while also bearing the important task of intelligent manufacturing transformation. This requires enterprises not only to urgently improve the resilience to cope with emergencies, but also to complete the technological transition of intelligent manufacturing. However, the concern of enterprises for their lack of resilience makes them take a wait-and-see attitude towards intelligent manufacturing, which has become an important reason for the stagnation of intelligent manufacturing transformation among Chinese enterprises. Therefore, whether intelligent manufacturing can provide resilience support for enterprises has become the key to solving the dilemma.

Considering that the early-warning, adaptation, and learning abilities repeatedly tempered and continuously accumulated in firms' daily operations are the fundamental source of their resilience, this paper focuses on the impact of intelligent manufacturing on enterprise resilience and its mechanisms under conventional situations, and carries out an empirical test based on the data of China's A-share manufacturing listed companies from 2010 to 2019. The findings show that intelligent manufacturing can not only provide resilience support for the implementing firms, but also transmit the resilience-enhancing effect upstream along the supply chains of adopting firms, that is, intelligent manufacturing can also improve the resilience of upstream firms. Mechanism analysis shows that intelligent manufacturing strengthens the resilience level of implementing enterprises by improving their informatization level (information channel), operational efficiency (efficiency channel), and innovation ability (innovation channel), and strengthens their resilience level by encouraging upstream enterprises to increase long-term investment. Furthermore, this paper also explains the asymmetry of the spillover effect of intelligent manufacturing supply chain. The suppression effect of monopoly power among firms is an important factor affecting the supply-chain spillover effects of intelligent manufacturing. When the monopoly power of upstream firms is stronger than, or at least no weaker than, that of adopting firms, the resilience-enhancing effect of intelligent manufacturing is more likely to be reflected in upstream firms. However, the specific spillover effects are also affected by the monopoly power of the implementing enterprises.

The possible marginal contribution of this paper lies in two aspects: First, most literature on resilience limits its analysis perspective to a certain crisis event, which is usually special and scarce, so that the conclusions of such research cannot be fully applied to conventional situations; Second, when the existing literature analyzes the economic benefits brought by intelligent manufacturing for enterprises, it generally limits the analysis perspective to a single implementing enterprise, but ignores that intelligent manufacturing may also affect other enterprises that have close cooperation with the implementing enterprise.

This study enriches the analytical perspective of resilience research and expands the scope of research on the economic benefits of intelligent manufacturing. The relevant conclusions can provide a decision-making basis for the government to strengthen the support of enterprises' intelligent manufacturing transformation, and provide policy implications for how to amplify the resilience multiplier effect of intelligent manufacturing and improve the diffusion efficiency.

Keywords intelligent manufacturing; enterprise resilience; conventional situations; information channel; efficiency channel; innovation channel; supply chain spillovers effects; monopoly power