

供应链安全与装备制造业企业高质量发展

——基于研发投入的中介机制视角

李启平,高宇浩

(常州大学 商学院,江苏 常州 213016)

摘要:基于 2009—2023 年中国沪深 A 股装备制造业上市公司的微观数据,研究供应链安全对装备制造业企业高质量发展的影响及研发投入的中介作用机制。结果表明,供应链安全显著促进了装备制造业企业的高质量发展,且研发投入在其中发挥了重要的中介作用。进一步研究发现,供应链安全对国有企业全要素生产率的促进作用更强,而民营企业则借助供应链安全更有效地提升其创新绩效;可持续发展目标较低的企业更依赖供应链安全实现生产效率优化,高目标企业则将其转化为创新驱动优势;中上游企业在供应链安全驱动创新绩效改善上表现更优,下游企业则通过供应链安全建设显著提升规模化生产效率。本研究从供应链安全视角出发,为推动装备制造业高质量发展提供了经验与政策启示。

关键词:供应链安全;研发投入;装备制造业;高质量发展

中图分类号:F274

文献标志码:A

文章编号:1672-7835(2025)04-0156-12

一、问题的提出

装备制造业作为国民经济的命脉和工业发展的核心,承载着我国从制造大国向制造强国转型的重大责任^①。然而,当前行业仍面临着“大而不强”的结构性矛盾,以及内外环境深刻变化带来的新挑战,双重压力叠加,已成为制约我国实现高质量发展战略目标的重要阻碍^②。党的二十大报告强调,要坚持以推动高质量发展为主题,加快建设现代化经济体系,着力提高全要素生产率,推动经济实现质的有效提升和量的合理增长。微观企业是宏观经济的基本单元,提高其创新能力和全要素生产率是推动装备制造业高质量发展的关键路径^③。近年来,随着国内外经济形势深刻变化,供应链安全日益成为企业关注的重点。企业逐渐认识到,供应链关系及其上下游协同对其经营行为和绩效具有重要影响,尤其是在全球贸易保护主义抬头与科技竞争加剧的背景下,企业对供应链的依赖程度不断提高。

安全是发展的前提,发展是安全的保障。保障供应链安全既是国家长远发展的战略要求,也是构建新发展格局的微观基础,更是支撑高质量发展的必要条件^④。在全球价值链重构与地缘政治风险加剧的背景下,构建安全稳定高效的供应链体系具有前所未有的战略意义^⑤。现有研究主要聚焦于宏观层

收稿日期:2025-04-18

基金项目:国家社会科学基金一般项目(21BJL069)

作者简介:李启平(1965—),男,湖南邵阳人,博士,教授,主要从事产业经济、税收理论与实务、农业经济研究。

①王燕梅:《中国共产党领导下的装备制造业百年发展与经验启示》,《人文杂志》2022 年第 1 期。

②司聪,任保平:《数字经济培育中国装备制造业高质量发展新动能的路径探析》,《贵州社会科学》2024 年第 1 期。

③胡海峰,白宗航,王爱萍:《供应链持股与企业高质量发展——基于全要素生产率视角》,《中国工业经济》2024 年第 9 期。

④李盛竹,任俊霖,杜婷:《供应链安全对中国制造业自主创新能力的影响——基于 2001—2020 年产业数据的实证研究》,《管理评论》2024 年第 5 期。

⑤曾小明,尹延钊,周健:《数字经济与全球供应链配置:集中化还是分散化?》,《湖南科技大学学报(社会科学版)》2024 年第 6 期。

面供应链安全的提升路径^①及全球主要国家或地区的政策动向^②,较少涉及供应链安全对企业高质量发展的具体影响。从技术创新视角来看,研发投入作为知识创造和技术进步的关键要素,其与供应链安全之间是否存在动态协同关系,尚缺乏系统研究。部分文献已从供应链视角出发,探讨了供应链关系变动^③、供应链结构^④等对企业研发投入的影响,但关于供应链安全水平提升能否系统性促进装备制造业研发投入,却鲜有研究。同时,对研发投入与高质量发展关系的认识也存在明显分歧:一类研究认为研发投入对高质量发展具有积极作用^⑤,另一类则指出,研发投入对高质量发展存在潜在负面效应^⑥,还有研究揭示了二者之间的非线性关系^⑦。这一理论分歧表明,有必要在具体产业情境下进一步厘清研发投入的作用机制。

基于上述研究不足,本文立足于装备制造业的独特行业属性,构建“供应链安全—研发投入—高质量发展”的分析框架。一方面,通过解构供应链安全的三维指标,揭示其释放创新投入空间,进而促进全要素生产率提高与技术进步的作用路径。另一方面,结合企业产权性质、可持续发展目标、所属行业等异质性特征,探究供应链安全效应的差异化表现,以增强政策建议的靶向性与适配性。本研究不仅丰富了供应链安全在微观层面作用机制的理论解释,也为破解装备制造业“大而不强”的结构性困境提供了新的实践路径。基于 2009—2023 年中国装备制造业上市公司数据,实证分析了供应链安全对装备制造业企业高质量发展的影响,并探讨了研发投入的中介作用机制。

相较于以往的研究,本文主要创新性体现在以下几个方面:第一,构建了一个涵盖供应链安全研发投入与企业高质量发展的理论分析框架,从整体上厘清二者之间的内在关联;第二,基于供需关系稳定性、供需匹配度和供应质量三个关键维度,构建了供应链安全评估体系,增强了指标体系的科学性与可操作性;第三,深入分析了研发投入在促进供应链安全影响企业高质量发展过程中的中介作用,为政策制定和企业战略提供了理论支撑和实证依据。

二、理论分析与研究假说

(一) 供应链安全

供应链通常被视为由多个组织通过“控制网络”相互连接而成的系统,这些网络旨在确保原材料或服务转化为成品,并按时按质按量交付^⑧。本文将供应链安全界定为企业在面对潜在风险和不确定性时,确保供应链稳定运行并在断链发生后迅速调整恢复的能力。

进一步的,从供应链安全体系的核心构成要素切入,陶锋等^⑨将这一复杂系统解构为参与主体与系统架构两大维度。其中,参与主体不仅包含直接参与商业活动的供需双方,还涉及物流服务商、金融机构等辅助性市场主体,共同构成供应链网络的微观基础。就参与主体而言,其核心诉求体现在核心技术独立可控、资源调配灵活高效以及关键节点自主可控等三个方面。这些要素的协同作用将显著提升供应链运行效能,其最佳体现形式为供应链供应质量提升,使其更为安全可控,具备更强的抗冲击能力和市场竞争力。系统架构维度则聚焦于各主体间基于价值创造形成的产业关联网络,其安全机制主要依托网络结构的协同稳定,要求供需企业间交易关系匹配且产品供需平衡。

①李天健,赵学军:《新中国保障产业链供应链安全的探索》,《管理世界》2022年第9期。

②孙笑明,马少华,苏屹,等:《美国长臂管辖下中国高新技术企业供应链安全测度及对策研究——基于华为和海康威视的双案例分析》,《管理评论》2024年第4期。

③蒋殿春,鲁大宇:《供应链关系变动、融资约束与企业创新》,《经济管理》2022年第10期。

④肖雪兴,陈刚,俞宗宝:《供应链结构与研发投入:促进还是抑制?》,《中国体育科技》2024年第8期。

⑤巫强,张金华,郑江淮:《创新投入、创新产出与实体经济发展》,《财经问题研究》2020年第2期。

⑥杨宗翰,雷良海,廖东声:《研发操纵行为是否抑制上市公司高质量发展?》,《系统工程》2020年第4期。

⑦Yoo J, Lee S, Park S.“The Effect of Firm Life Cycle on the Relationship between R&D Expenditures and Future Performance, Earnings Uncertainty, and Sustainable Growth”, *Sustainability*, 2019, 11(8):2371.

⑧Choi T, Shi X.“On-Demand-Ride-Hailing-Service Platforms with Hired Drivers During Coronavirus (COVID-19) Outbreak: Can Blockchain Help?”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2022(71):737–752.

⑨陶锋,王欣然,徐扬,等:《数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率》,《中国工业经济》2023年第5期。

基于上述框架,本文将供应链安全划分为三个核心维度。第一,供需关系稳定性体现了企业与客户间合作的稳固程度,是供应链安全的基础;第二,供需匹配度衡量企业在供应商选择与管理上的精准性,能够减少浪费,从而提升供应链适应能力,是供应链安全的关键支撑;第三,供应质量决定了供应链效率,提高供应链的抗风险能力,是供应链安全的强化因素。三者相互作用,共同提升供应链安全,从而增强企业在复杂环境下的可持续竞争力。

(二)装备制造业企业高质量发展

高质量发展强调规模与质量的同步提升、发展速度与运行效率并重^①,其核心目标是实现创新、协调、绿色、开放和共享的全面发展,其中创新被视为驱动高质量发展的关键要素^②。装备制造业作为工业经济的核心和现代化经济体系的命脉,具有基础性、通用性和战略性等特征,兼具高技术、高知识、高附加值属性,产业关联性强、集群化明显,对科技创新的吸纳度和应用度极高^③。在此背景下,企业的成长轨迹实质上构成了观测产业升级过程的微观映射,装备制造业企业的发展质量不仅反映我国产业转型升级的战略要求,还直接关系到整个产业链的国际竞争力。

装备制造业企业实现高质量发展有赖于构建系统化的评估指标体系。全要素生产率作为衡量企业资源利用效率的关键指标,不仅囊括了技术进步和管理革新对产出增长的贡献,还是评估企业长期竞争优势和经营效能的基石。与此相对应,创新绩效则通过分析创新活动的投入与产出关系,度量企业在技术研发、产品更新以及知识积累过程中的价值转换能力。二者共同构成了效率与创新的双维框架:全要素生产率侧重于分析生产活动中的技术、资本、人力等关键资源的集约应用程度,旨在锚定高质量发展所依赖的效率根基^④;创新绩效着眼于知识创造至价值转化的传导效能,凸显创新驱动的本质逻辑。二者紧密契合高质量发展的核心内涵,即效率增升与创新引领,系统刻画企业在经济产出、技术创新及市场竞争力等多维度的综合表现。

(三)供应链安全与装备制造业企业高质量发展

装备制造业因其产业关联性、集群化特征和高科技创新吸纳度^⑤,与供应链安全之间形成多维度的内生耦合。其内部企业的转型升级与供应链安全体系存在多维协同关系。装备制造业整体的技术复杂性要求其内部企业供应链具备良好的抗风险能力和持续迭代潜力;知识的高度嵌入性要求供应链构建安全的知识交互通道;产业链的多层次特性则要求供应链形成联防体系。

供需关系稳定意味着稳定持久、协同共生的合作关系,供应链呈现较强的协同调度能力。通过提升供需关系稳定性,保障原料的连续性供给,减少外部封锁对生产周期的干扰,并固化知识共享路径,降低技术泄露风险。高质量的供需匹配度有助于减少“长鞭效应”导致的存货堆积^⑥,并依托动态评估机制精准筛选技术适配的供应商^⑦,优化资源整合效率,同时借助产能协同机制实现上下游资源的动态平衡,减少供需错配损耗。此外,还可以借助弹性生产能力兼容新旧技术的平衡过渡,降低试错成本。供应质量提升反映了创新能力的增强,是维持供应链不间断运转、防止“断供”“卡脖子”等问题导致生产中断的关键^⑧。通过提升供应质量,可以实现全流程标准化控制,为技术集成提供可靠基础。同时,通过知识产权保护框架明确合作边界,保障技术创新的独占性收益,提升创新绩效的可持续性^⑨。

供应链安全的三大维度——供需关系稳定性、供需匹配度和供应质量,与装备制造业的技术复杂

①陈川,许伟:《以人民为中心的高质量发展理论内涵》,《宏观经济管理》2020年第3期。

②Yan B R, Dong Q L, Li Q.“A Study on the Coupling and Coordination between Logistics Industry and Economy in the Background of High-Quality Development”, *Sustainability*, 2021,18(13):10360.

③宋艳,原长弘,张树满:《装备制造业领军企业如何突破关键核心技术?》,《科学学研究》2022年第3期。

④蒋永穆,薛蔚然:《新质生产力理论推动高质量发展的体系框架与路径设计》,《商业经济与管理》2024年第5期。

⑤司聪,任保平:《数字经济培育中国装备制造业高质量发展新动能的路径探析》,《贵州社会科学》2024年第1期。

⑥肖红军,沈洪涛,周艳坤:《客户企业数字化、供应商企业ESG表现与供应链可持续发展》,《经济研究》2024年第3期。

⑦刘骏,张义坤:《数字化转型能提高企业供应链效率吗?——来自中国制造业上市公司年报文本分析的证据》,《产业经济研究》2023年第6期。

⑧王淑瑶,刘达,汤吉军,等:《数实融合背景下数据要素何以赋能企业供应链韧性与安全?》,《研究与发展管理》2025年第1期。

⑨吴超鹏,唐菂:《知识产权保护执法力度、技术创新与企业绩效——来自中国上市公司的证据》,《经济研究》2016年第11期。

性、知识专有性和生态依赖性深度耦合。这种行业专属的协同机制,既化解了高技术产业特有的创新耗散难题,又通过结构性优化重塑价值创造模式,为高质量发展提供系统性支撑。基于此,本文提出假设:

H_1 : 供应链安全对装备制造业企业高质量发展具有正向促进作用。

(四)研发投入在供应链安全与装备制造业企业高质量发展间的中介机制分析

现代装备制造业中企业创新能力与市场竞争力高度依赖供应链的稳定运营。供应链安全不仅关系到企业日常经营运转,对研发投入也具有促进作用。供应链安全通过保障生产连续性、优化资源配置、提升供应质量,使企业释放出更多用于技术改进和产品升级的资源,从而推动企业实现高质量发展^①。

供需稳定性为创新活动的高效实施提供了基础。借助稳定的供应链,可降低供应中断与生产不确定性的风险,从而减少应急采购和生产延误,进一步确保研发活动的有序开展。稳健的供需结构使资金与人力资源能够投入更具前瞻性的技术任务中。稳定的供应链还确保企业能够持续招聘和培养研发人员,为技术创新提供持续的人力支持^②。此外,链内需求与供应之间的精准匹配有效减少了资源浪费,在满足生产需求过程中避免了额外库存的积压^③。供需精准对接还帮助企业在原材料采购中缩短采购周期、降低采购成本,从而为技术研发腾出更多的资金和时间。供应质量对研发效果存在直接影响,优质的供应商通常具备更强的技术支持能力,企业与其长期协作可减少基础工艺方面的重复投入,进而加大对核心技术领域的资源倾斜,并借助协同创新不断提升研发人员的能力^④。供应链安全为企业提供了更为稳定的生产和研发环境,供应链的稳定性使企业能够将更多资金和资源投入到研发活动和人才培养中,推动技术进步与产品升级,促进装备制造业的高质量发展。

供应链安全能够降低外部不确定性对企业的干扰,从而巩固企业运作环境的稳定性,这种稳定性使企业能够将更多资源投入到研发活动中,影响技术更新的深度与广度^⑤。其带来的溢出效应不仅提升了企业竞争力,也为装备制造业企业的高质量发展奠定了坚实基础^⑥。在技术更迭过程中,研发人员同样发挥着关键作用。研发人员的数量与质量决定了企业在技术开发中整合内外部资源、攻克技术难题、增强产品市场竞争力的能力。高效的供应链确保原材料和零部件的稳定供应,使得企业在较低运作成本下实现生产目标,释放更多资源用于引进培育研发人才^⑦。人才的积累与投入构建了创新型知识链,进一步提升企业的技术水平和创新能力,从而持续推动装备制造业的高质量发展。

供应链安全在降低外部风险对供应稳定性影响的同时,也确保了资金流稳定,为企业研发人员与经费投入提供了有力支持。这种良性循环推动企业技术创新能力不断增强,进而促进了装备制造业企业的高质量发展,本文依照此提出假设:

H_{2a} : 研发经费投入在供应链安全与装备制造业企业高质量发展间存在中介机制。

H_{2b} : 研发人员投入在供应链安全与装备制造业企业高质量发展间存在中介机制。

三、研究设计

(一)变量定义

1. 解释变量的度量

本文从供需关系稳定性、供需匹配度和供应质量三个维度对供应链安全进行测度。其中,供需关系

^① 李盛竹,任俊霖,杜婷:《供应链安全对中国制造业自主创新能力的影响——基于 2001—2020 年产业数据的实证研究》,《管理评论》2024 年第 5 期。

^② 陶锋,王欣然,徐扬,等:《数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率》,《中国工业经济》2023 年第 5 期。

^③ 杨志强,唐松,李增泉:《资本市场信息披露、关系型合约与供需长鞭效应——基于供应链信息外溢的经验证据》,《管理世界》2020 年第 7 期。

^④ 黄宏斌,孙雅妮,许晨辉:《客户—供应商稳定关系促进了双方的协同创新吗?》,《中南财经政法大学学报》2023 年第 6 期。

^⑤ 张龙鹏,张双志,胡燕娟:《企业价值链智能化对全要素生产率的影响》,《南方经济》2023 年第 10 期。

^⑥ 李晓敏,刘世哲,王淑贺:《新能源汽车企业研发投入对创新绩效的影响——基于政府补助的调节效应分析》,《科技管理研究》2024 年第 7 期。

^⑦ 裴育,李秋梓:《研发人员和研发资本流动对区域创新绩效的影响机制研究——以长三角为例》,《审计与经济研究》2023 年第 2 期。

稳定性(*Relation*)采用应收票据、应收账款及预付款项之和占主营业务收入的比值取自然对数作为衡量指标。该值越小,表明上游企业销售模式依赖现销,资金回笼周期短,应收账款压力低,从而反映出更强的供需协同与更高的供应链稳定性。

供需匹配度(*Matching*)采用供需偏离度作为衡量指标,具体计算公式如下:

$$Matching_u = \frac{\sigma(Production_u)}{\sigma(Demand_u)} - 1 \quad (1)$$

$$Production_u = Cost_u + Inv_u - Inv_{u-1} \quad (2)$$

其中, $\sigma(\cdot)$ 表示变量的标准差, $Production$ 为企业生产量, $Cost$ 为营业成本, Inv 为年末存货净值,企业需求量 $Demand$ 以营业成本 $Cost$ 作为代理变量。供需偏离程度越小,供需匹配度越高,反映出企业的生产波动和需求波动越趋一致,从而增强供应链的协调性和安全性。

供应质量(*Innovation*)采用专利知识宽度模型进行衡量。借鉴陶锋等^①的研究,基于赫芬达尔指数的构建思路,利用企业申请的发明专利,从大组层面测算企业专利知识宽度:

$$Innovation_u = 1 - \sum \left(\frac{P_{imt}}{P_{it}} \right)^2 \quad (3)$$

其中, P_{imt} 为企业 i 截至 t 年在 m 大组下申请的发明专利数量, P_{it} 为企业 i 截至 t 年在所有大组下申请的发明专利数量。专利知识宽度越广,表明企业技术融合能力越强,专利质量越高,从而反映出供应链中企业所提供技术的先进性与可靠性,供应质量也就越高。

基于以上三维度,本文采用熵权法赋权,并构建供应链安全(*SCS*)综合指标^②。

2.被解释变量的度量

为全面衡量装备制造业的高质量发展水平,本文选择全要素生产率(*TFP_LP*)和企业创新绩效(*Apply*)作为指标。全要素生产率(*TFP_LP*)采用*LP*法估计。企业创新绩效通过专利申请数据衡量,采用企业专利申请总数的自然对数(*Apply*)作为创新绩效的代理变量。

3.中介变量的度量

本文将研发投入分为研发经费投入(*RDFee*)和研发人员投入(*RDPsn*)。研发经费投入(*RDFee*)采用“研发费用加1”的对数值作为衡量指标。研发人员投入(*RDPsn*)采用“研发员工人数加1”的对数值作为衡量指标。

4.控制变量

为剔除干扰,参考以往文献的做法^{③④},本文选取了一系列控制变量。第一类为企业一般特征变量,包括企业规模(*Size*),即年末总资产的自然对数;经营性现金流(*Cash*),即经营活动现金流量净额与营业收入之比;资产负债率(*Lev*),即期末总负债与期末总资产之比;盈利能力(*Prof*),即本年净利润与期末总资产之比;固定资产比率(*Ft*),即年末固定资产与年末资产总额之比;营业收入增长率(*Growth*),即本年营业收入增长额与上年末营业收入总额的比值;资本支出(*Exp*),即本年资本支出与年末资产总额之比。第二类为企业治理特征变量,包括股权集中度(*Fir*),即公司第一大股东的持股比例。此外,引入年份、行业和地区固定效应,以排除年份、行业和地区层面不可观测因素的影响。

(二)模型设定

为了检验供应链安全对装备制造业高质量发展的影响,本文构建计量模型,如(4)式所示。理论上,预期回归系数显著为正,即供应链安全在推动企业高质量发展方面具有正向影响。

$$TFP_LP_u / Apply_u = \alpha_0 + \beta_1 SCS_u + \beta_2 Controls + \mu_{ind} + \mu_{year} + \mu_{prvn} + \varepsilon_u \quad (4)$$

其中, i 和 t 分别表示企业和年份。 TFP_LP_u 表示企业 i 在 t 年的全要素生产率, $Apply_u$ 表示企业 i 在

^①陶锋,王欣然,徐扬,等:《数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率》,《中国工业经济》2023年第5期。

^②限于篇幅,指标权重留存备索。

^③赵云辉,孙源,冯泰文,等:《供应商ESG评级分歧何以影响企业运营韧性》,《中国工业经济》2024年第11期。

^④张树山,谷城:《供应链数字化与供应链韧性》,《财经研究》2024年第7期。

t 年的创新绩效。 SCS_{it} 表示企业 i 在 t 年的供应链安全水平。 $Controls$ 包含企业层面的控制变量,用以消除可能的混杂因素对结果的影响。 ε_{it} 为误差项。 μ_{ind} 、 μ_{year} 和 μ_{prvn} 分别表示行业、年份和地区固定效应。

(三) 样本选择与数据来源

根据《国民经济行业分类》(GB/T 4754—2017),装备制造业涵盖金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、汽车制造业、运输设备制造业、电气机械与器材制造业、电子设备制造业及仪器仪表制造业领域。本文以 2009—2023 年沪深 A 股装备制造业上市公司为研究样本。同时剔除了财务状况异常的 ST 及 *ST 企业,以避免异常数据对实证结果的影响。企业层面的数据均来自国泰安(CSMAR)数据库及上市公司年报,专利数据来源于国家知识产权局。为避免极端值对回归结果的干扰,本文对连续变量进行了上下 1% 的缩尾处理,以消除异常值的潜在偏差。

四、实证分析

(一) 主要变量的描述性统计与相关性分析

模型主要变量的描述性统计结果显示^①,全要素生产率(TFP_LP)的测算结果与既有研究在数值水平上基本一致。专利申请数($Apply$)的均值为 3.988,标准差为 1.353,中值为 3.932,表明装备制造业企业整体创新能力较强,且数据无明显偏态。供应链安全(SCS)均值 0.532 与中位数 0.535 几乎重合,说明数据分布基本对称,无明显偏态。本文还对模型涉及的主要变量进行相关系数分析,结果显示^②被解释变量 TFP_LP 、 $Apply$ 分别与解释变量 SCS 之间均呈显著正相关,这为假设 H_1 的理论逻辑提供了初步实证支持。进一步观察变量间的相关系数,最大值仅为 0.637,初步排除了变量间高度线性相关对模型估计稳定性的潜在威胁。

(二) 基准回归分析

基准回归分析结果详见表 1。从结果来看,列(1)和列(2)以企业全要素生产率(TFP_LP)作为被解释变量,解释变量供应链安全指数(SCS)的回归系数在 1% 的水平上显著为正,说明供应链安全能够显著提升企业的全要素生产率;列(3)和列(4)以企业创新绩效($Apply$)为被解释变量,解释变量供应链安全指数(SCS)同样在 1% 的水平上显著为正,表明供应链安全在推动企业创新活动中也发挥了至关重要的作用。因此,供应链安全在提升企业全要素生产率和创新绩效方面的显著作用,突显了其在推动企业高质量发展方中的重要价值,验证了假设 H_1 。

表 1 基准回归结果

| | TFP_LP | | $Apply$ | |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| SCS | 2.803 *** (0.068) | 1.594 *** (0.030) | 2.866 *** (0.104) | 1.316 *** (0.079) |
| 控制变量 | No | Yes | No | Yes |
| 固定效应 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| N | 9 174 | 9 174 | 9 174 | 9 174 |
| 调整的 R^2 | 0.246 | 0.873 | 0.176 | 0.572 |

注:括号内为标准误。***、**、* 分别代表 1%、5%、10% 的水平上显著。下同。

(三) 稳健性检验

1. 工具变量法

为缓解可能存在的反向因果问题,本文借鉴赵云辉等^③的研究,选择同年度同省份的供应链安全水

^①限于篇幅限制,结果留存备索。

^②限于篇幅限制,结果留存备索。

^③赵云辉,孙源,冯泰文,等:《供应商 ESG 评级分歧何以影响企业运营韧性》,《中国工业经济》2024 年第 11 期。

平均值($PrvnSCS$)作为工具变量进行估计。第一阶段回归结果显示^①,供应链安全工具变量($PrvnSCS$)的系数在1%显著性水平下为正,且F统计量大于10,表明工具变量与内生变量之间相关性强。在第二阶段回归中,供应链安全(SCS)的回归系数均在1%显著性水平下为正,与基准回归结果一致,表明在控制内生性影响后,供应链安全仍为推动装备制造业高质量发展的关键因素。

2.Heckman两阶段法

为解决样本自选择问题,本文采用Heckman两阶段回归。在第一阶段,本文通过构建如下Probit模型计算出逆米尔斯比率 IMR 。

$$SCS_dum_{it} = \beta_0 + \beta_1 Controls + \mu_{ind} + \mu_{year} + \mu_{prvn} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, SCS_dum_{it} 是虚拟变量,赋值依据是供应链安全(SCS)与其年度行业中位数的相对大小,如果前者大于后者,则赋值为1,否则为0。在第二阶段,将第一阶段计算出的逆米尔斯比率(IMR),加入式(4)中重新进行回归。结果显示^②,在考虑样本选择偏差后,供应链安全的回归系数仍显著为正,与基准回归结果一致,本文的研究结论保持不变。

3.倾向得分匹配法

为缓解模型设定偏误,本文采用倾向得分匹配法进行稳健性检验。首先,根据企业供应链安全水平与其年度行业中位数的相对大小进行分组,如果前者大于后者,则为实验组,否则为控制组。通过对模式(6)进行Logit估计,得到每家公司进入实验组的概率,即倾向得分,同时选取影响分组的协变量。现有研究表明^{③④},企业特征是企业各方面行为的重要影响因素,故参考张梦洁等的研究^⑤,选取多项企业特征变量 X_{it} ,包括两职合一Dual(企业董事长与总经理为同一人则取1,否则取0)、管理层持股比例Msh(年末高管人员持股比例)、董事会规模Board(年末董事会董事数量)、独立董事比例Indepen(公司独立董事人数/董事会总人数)、公司年龄Age(截至当期的公司上市年数),以及前文所列示的控制变量。

$$P(X_{it}) = Pr(SCS_dum_{it} = 1 \mid X_{it}) = E(SCS_dum \mid X_{it}) \quad (6)$$

根据倾向得分,采用1:1最近邻匹配法,形成匹配样本集。对式(4)重新进行回归分析。结果显示^⑥,供应链安全的回归系数依旧显著为正,表明在控制模型设定偏误后,结果仍然稳健。

4.改变被解释变量的衡量方式

本文使用OP法重新估算全要素生产率(TFP_OP),并将企业创新绩效重新定义为发明专利和实用新型专利申请数之和的自然对数($Apply2$)。将这些新的指标代入式(4)进行回归分析。结果显示^⑦, SCS 对 TFP_OP 和 $Apply2$ 的回归系数仍显著为正,与基准结果一致。

5.改变解释变量的衡量方式

为了进一步检验结果的稳定性,此处尝试从更多层面构建解释变量,在现有3种指标的基础上额外增加3种常用的供应链韧性指标,并通过熵权法对6种指标进行整合,构建新的供应链安全综合指标($SCS2$),将新解释变量代入式(4)进行回归。3种常用的供应链韧性指标包括:第一:供应链效率($lnInventory$)。本文选取存货周转期的自然对数测度供应链效率,存货周转期则通过一年内营业成本与平均存货之间的比例关系计算得到。存货周转期是反映供应链管理水平的重要指标,存货周转期越短,存货

^①限于篇幅限制,结果留存备索。

^②限于篇幅限制,结果留存备索。

^③董竹,潘凌云:《通货膨胀、企业特征与创新研发——基于中国上市公司微观数据的实证研究》,《中南大学学报(社会科学版)》2018年第5期。

^④丁玮蓉,丁洁瑜,王红建:《企业特征、政府补贴与上市旅游企业绩效——基于旅游产业外部性的理论分析》,《旅游学刊》2020年第10期。

^⑤赵梦洁,任广乾,李俊超:《国有资本参股能提升民营企业供应链韧性吗——基于固链、补链和强链的视角》,《会计研究》2024年第12期。

^⑥限于篇幅限制,结果留存备索。

^⑦限于篇幅限制,结果留存备索。

转化为现金的速度越快,说明供应链运行效率越高^①。第二:对外依存度(*Rely*)。企业生产安全受到资源进口与地区贸易结构的影响,对国外关键原料的依赖程度直接影响供应链安全水平。参考王淑瑶等^②的做法,采用地区进出口与地区产值比值衡量对外依存度,数值越低表明供应链越不容易因外部波动产生断裂风险,安全保障能力越强。第三:客户稳定性(*Cust_Stable*)表示公司当年前五大客户与上一年相比重复的客户数量/5,数值越大,代表公司当年重复合作的客户越多,客户稳定性越高^③,从而增强供应链安全性。结果显示^④,尽管变量定义发生变化,但回归系数仍显著为正,本文的研究结论依旧稳健。

6. 滞后一期

考虑到企业供应链安全水平的效果通常需要时间积累方能体现,本文对核心解释变量进行滞后一期处理,生成滞后变量(*L_SCS*)。回归结果显示^⑤,滞后供应链安全(*L_SCS*)的回归系数依然显著为正,表明供应链安全对装备制造业企业高质量发展的正向促进作用具有持续性和稳定性,结论依旧稳健。

五、作用机制检验与异质性分析

(一) 中介机制检验

本文设定模型,详见式(7)和式(8),检验研发投入在供应链安全对装备制造业高质量发展的影响过程中发挥的中介作用。

$$RD_{it} = \beta_0 + \beta_1 SCS_{it} + \beta_2 Controls + \mu_{ind} + \mu_{year} + \mu_{prvn} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$TFP_LP_{it}/Apply_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 SCS_{it} + \gamma_2 RD_{it} + \gamma_3 Controls + \mu_{ind} + \mu_{year} + \mu_{prvn} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中,*RD* 代表研发经费投入或研发人员投入,其余变量定义与前文一致。

1. 供应链安全与研发经费投入

表 2 回归结果显示,列(3)中供应链安全(*SCS*)的系数显著为正,说明供应链安全(*SCS*)可以提高企业研发经费投入。列(4)较列(1),列(5)较列(2),供应链安全(*SCS*)的回归系数均有所减小,并且研发经费投入(*RDFee*)的系数在 1% 的水平上显著为正,说明研发经费投入发挥了部分中介作用, H_{2a} 得证。

表 2 研发经费投入中介机制结果

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | <i>TFP_LP</i> | <i>Apply</i> | <i>RDFee</i> | <i>TFP_LP</i> | <i>Apply</i> |
| <i>SCS</i> | 1.594 *** (0.030) | 1.316 *** (0.079) | 0.931 *** (0.048) | 1.442 *** (0.029) | 0.815 *** (0.076) |
| <i>RDFee</i> | | | | 0.163 *** (0.006) | 0.538 *** (0.016) |
| 控制变量 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 固定效应 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| <i>N</i> | 9 174 | 9 174 | 9 174 | 9 174 | 9 174 |
| 调整的 <i>R</i> ² | 0.873 | 0.572 | 0.829 | 0.882 | 0.618 |

2. 供应链安全与研发人员投入

表 3 回归结果显示,列(3)中供应链安全(*SCS*)的系数显著为正,说明供应链安全(*SCS*)可以提高

^①张任之:《数字技术与供应链效率:理论机制与经验证据》,《经济与管理研究》2022 年第 5 期。

^②王淑瑶,刘达,汤吉军:《数据要素赋能供应链韧性与安全——来自国家级大数据综合试验区的经验证据》,《财贸研究》2025 年第 4 期。

^③张广冬,邵艳:《风险投资与公司客户稳定性》,《会计研究》2022 年第 4 期。

^④限于篇幅限制,结果留存备索。

^⑤限于篇幅限制,结果留存备索。

企业研发人员投入。列(4)较列(1),列(5)较列(2),供应链安全(*SCS*)的回归系数均有所缩小,并且研发人员投入(*RDPsn*)的系数在1%的水平上显著为正,说明研发人员投入发挥了部分中介作用, H_{2b} 得证。

表3 研发人员投入中介机制结果

| | (1) <i>TFP_LP</i> | (2) <i>Apply</i> | (3) <i>RDPsn</i> | (4) <i>TFP_LP</i> | (5) <i>Apply</i> |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>SCS</i> | 1.594 *** (0.030) | 1.316 *** (0.079) | 0.701 *** (0.057) | 1.530 *** (0.031) | 0.779 *** (0.080) |
| <i>RDPsn</i> | | | | 0.071 *** (0.006) | 0.522 *** (0.016) |
| 控制变量 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 固定效应 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| <i>N</i> | 9 174 | 9 174 | 7 651 | 7 651 | 7 651 |
| 调整的 <i>R</i> ² | 0.873 | 0.572 | 0.716 | 0.874 | 0.624 |

本文进一步采用了重复1 000次的bootstrap法检验中介效应,结果如表4所示。供应链安全通过研发经费投入与研发人员投入影响装备制造业企业高质量发展的置信区间均不包括0。这说明在供应链安全促进装备制造业企业高质量发展的传导机制中,研发投入发挥着中介作用。

表4 bootstrap检验结果

| 路径 | 偏差矫正置信区间(95%) | | 百分位数置信区间(95%) | |
|---------------------|---------------|-------|---------------|-------|
| | 下限 | 上限 | 下限 | 上限 |
| 供应链安全—研发经费投入—全要素生产率 | 0.124 | 0.179 | 0.128 | 0.183 |
| 供应链安全—研发经费投入—创新绩效 | 0.434 | 0.566 | 0.436 | 0.568 |
| 供应链安全—研发人员投入—全要素生产率 | 0.036 | 0.066 | 0.036 | 0.066 |
| 供应链安全—研发人员投入—创新绩效 | 0.308 | 0.433 | 0.308 | 0.433 |

(二) 异质性分析

1. 产权异质性

根据产权性质,本文将企业分为国有和民营(不包括外资)两类,分组后的回归结果如表5所示。可以看出,无论是国有企业还是民营企业,供应链安全(*SCS*)均显著为正,这说明供应链安全在国企与民企中均对装备制造业企业高质量发展存在推动作用。组间系数差异检验结果显示,国企与民企在供应链安全对装备制造业企业高质量发展不同维度的影响上存在显著差异。国企供应链安全(*SCS*)对全要素生产率(*TFP_LP*)的推动作用更强,而民企供应链安全(*SCS*)对创新绩效(*Apply*)的推动作用更强。对国有企业而言,凭借政府补贴^①、垄断地位和政策倾斜^②,能够将供应链安全快速转化为规模化生产效能^③;而民营企业面临市场竞争压力,供应链安全的作用更多体现在提高产品差异化程度上,其灵活的组织结构和市场激励机制可释放创新潜力,推动产品迭代^④。

2. 可持续发展目标异质性

本文以年度行业企业华政ESG评分^⑤中位数为基准,将样本分为高可持续发展目标组和低可持续发展目标组进行分组回归分析,结果见表6。可以看出,供应链安全(*SCS*)的回归系数在两个组别中均

①孔东民,刘莎莎,王亚男:《市场竞争、产权与政府补贴》,《经济研究》2013年第2期。

②张勇,侯路遥:《供应链客户稳定性与企业全要素生产率》,《南方经济》2024年第6期。

③张哲,陶敬中,秦磊:《供应链数字化管理对企业全要素生产率的影响》,《中国流通经济》2024年第4期。

④张广胜,孟茂源:《研发投入对制造业企业全要素生产率的异质性影响研究》,《西南民族大学学报(人文社会科学版)》2020年第11期。

⑤上海华政指数信息服务有限公司构建的ESG评级体系,评级包含C、CC、CCC、B、BB、BBB、A、AA、AAA共九个等级,本文将企业ESG等级从低到高分别赋值为1到9。

显著为正,这表明无论企业可持续发展目标水平如何,供应链安全对装备制造业高质量发展都具有促进作用。组间系数差异检验结果显示,企业在可持续发展目标水平不同的情况下,供应链安全对装备制造业企业高质量发展的影响存在显著差异。低目标组中供应链安全(*SCS*)对全要素生产率(*TFP_LP*)的提升作用更为突出;相比之下,高目标组的供应链安全(*SCS*)对创新绩效(*Apply*)的促进效应更具显著性。对于低目标组企业,其供应链安全建设更多聚焦于基础性风险防控,倾向于通过标准化管理等短期策略直接作用于生产效率^①。这种路径选择使得供应链安全投入的效益传导更易体现在运营效率改进层面,从而显著提升全要素生产率。高目标组企业则更注重将供应链安全嵌入长期战略框架^②,通过供应链安全保障研发持续性^③。同时,高目标组企业面临更高的外部监督压力^④,促使其将供应链安全能力转化为差异化创新能力,从而在市场竞争中获取技术溢价。

表 5 产权性质异质性

| | <i>TFP_LP</i> | | <i>Apply</i> | |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 国企 | 民营 | 国企 | 民营 |
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| <i>SCS</i> | 1.642 *** (0.055) | 1.521 *** (0.038) | 1.265 *** (0.137) | 1.399 *** (0.106) |
| 控制变量 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 固定效应 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| <i>N</i> | 2 725 | 5 346 | 2 725 | 5 346 |
| 调整的 <i>R</i> ² | 0.735 | 0.777 | 0.458 | 0.390 |
| 组间差异检验 <i>P</i> 值 | 0.000 | | 0.018 | |

注:组间差异检验 *P* 值采用费舍尔组合检验(抽样 1 000 次)计算得到。

表 6 可持续发展目标异质性

| | <i>TFP_LP</i> | | <i>Apply</i> | |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | ESG 较高 | ESG 较低 | ESG 较高 | ESG 较低 |
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| <i>SCS</i> | 1.445 *** (0.047) | 1.653 *** (0.038) | 1.533 *** (0.132) | 1.126 *** (0.099) |
| 控制变量 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 固定效应 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| <i>N</i> | 3 403 | 5 770 | 3 403 | 5 770 |
| 调整的 <i>R</i> ² | 0.912 | 0.832 | 0.653 | 0.474 |
| 组间差异检验 <i>P</i> 值 | 0.000 | | 0.000 | |

注:组间差异检验 *P* 值采用费舍尔组合检验(抽样 1 000 次)计算得到。

3. 装备制造业行业异质性

本文将金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、电气机械制造业和仪器仪表制造业归类为中上游企业,因其主要承担基础材料加工、核心零部件制造及关键设备生产,处于产业链前端并为下游提供关键投入品、技术支撑和生产装备基础。将汽车制造业、运输设备制造业和电子设备制造业归类为下游企业,因其主要从事终端产品的组装、集成与制造,直接面向终端消费市场,并高度依赖中上游企业提供的原材料、核心零部件及生产设备。分组后的回归结果如表 7 所示。

①陶锋,王欣然,徐扬,等:《数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率》,《中国工业经济》2023 年第 5 期。

②蒋殿春,鲁大宇:《供应链关系变动、融资约束与企业创新》,《经济管理》2022 年第 10 期。

③武晨:《客户集中度与企业创新绩效:供应链金融的值变效应》,《金融经济学研究》2021 年第 5 期。

④高昊宇,王慧,温慧渝:《生态法治引领下的企业 ESG 表现——来自中国中级环保法庭设立的经验证据》,《财经研究》2024 年第 12 期。

表7 行业异质性

| | TFP_LP | | Apply | |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 中上游行业企业 | | 下游行业企业 | |
| | (1) | (2) | (3) | (4) |
| SCS | 1.504 *** (0.039) | 1.690 *** (0.047) | 1.481 *** (0.105) | 0.949 *** (0.124) |
| 控制变量 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 固定效应 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| N | 5 206 | 3 967 | 5 206 | 3 967 |
| 调整的 R^2 | 0.866 | 0.884 | 0.543 | 0.613 |
| 组间差异检验 P 值 | 0.000 | | 0.000 | |

注:组间差异检验 P 值采用费舍尔组合检验(抽样 1000 次)计算得到。

可以看出,供应链安全(SCS)的回归系数在两个组别中均显著为正,这表明无论企业行业处于供应链哪个阶段,供应链安全对装备制造业企业高质量发展都具有促进作用。组间系数差异检验结果显示供应链不同环节的企业,其供应链安全对装备制造业企业高质量发展的影响表现出显著差异,供应链下游企业供应链安全(SCS)对全要素生产率(TFP_LP)的提升作用更为突出;相比之下,中上游企业供应链安全(SCS)对创新绩效(Apply)的促进效应更具显著性。对于下游行业企业,其需快速响应市场需求波动,供应链安全的核心目标是保障生产连续性,若关键部件供应中断,整条生产线可能停滞^①。因此,下游企业倾向于通过供应链安全建设直接降低停工风险,优化产能利用率,使供应链安全投入更易转化为生产效能。此外,下游企业的集成化产品包含数万个零部件,其供应链复杂度要求高度标准化管理^②,通过提高供应链安全水平减少装配环节的匹配误差,从而提升良品率。中上游企业的核心竞争力在于技术壁垒^③,其供应链安全建设需服务于研发稳定性。其产品技术迭代周期较长,供应链安全建设需解决“小批量、多批次”供应难题,配合客户定制化需求^④,供应链安全在此过程中促进技术沉淀,表现出创新绩效的增长。

六、结论与启示

装备制造业高质量发展对提升产业竞争力和推动国家经济结构优化具有重要意义。本文基于2009—2023年中国装备制造业上市公司数据,研究了供应链安全对装备制造业高质量发展的影响及研发投入的中介机制。研究发现,供应链安全显著提高了装备制造业企业高质量发展水平,并且研发投入在供应链安全与企业高质量发展间发挥着中介机制作用,供应链安全将通过提升企业研发经费投入与研发人员投入推动企业生产效率与创新能力提升。异质性分析表明,供应链安全对国有企业全要素生产率的促进作用更强,而民营企业则通过供应链安全更高效地提升创新绩效;低可持续发展目标企业更依赖供应链安全实现生产效率优化,高目标企业则倾向于将其转化为创新驱动优势;行业层面,中上游行业企业在供应链安全推动创新绩效上表现更优,下游行业则通过安全建设显著提升规模化生产效率。本研究从供应链安全视角出发,为推动装备制造业高质量发展提供了以下政策启示。

第一,强化供应链安全,构建韧性保障体系。全球经济复杂性与多变性特征愈加突出,装备制造业高质量发展的关键点应落脚于供应链安全。制定政策时应推动多层次、全方位供应链安全保障体系的建设,而且要加强法规标准的完善、企业风险的评定和应急预案的落实,同时借助数字化手段提升供应

①冯耕中,刘祺,朱佳雯,等:《产业链供应链安全评估与应对策略》,《西安交通大学学报(社会科学版)》2023年第6期。

②周婧妤,谭春桥:《提升我国高端制造业供应链韧性的几点思考》,《理论探索》2023年第5期。

③仲伟俊,梅姝娥,浦正宁:《关键核心技术及其攻关策略研究——基于产业链供应链安全稳定视角》,《系统管理学报》2022年第6期。

④刘旺盛,吴球军,曾艳:《构建快速响应型供应链的根本方式研究》,《现代商业》2020年第4期。

链透明度和响应速度,提高对关键节点的控制,确保关键资源的稳定供应,增强全球竞争力。第二,增加研发投入,激活创新驱动力。装备制造业企业高质量发展离不开创新的驱动,政策制定时应进一步支持研发投入,通过税收优惠和研发补助等措施促进资本与技术的融合,激发企业创新潜力。鼓励企业与科研机构、高校合作推动技术成果转变,帮助企业从“技术跟随”向“技术引领”转型,企业还应将创新作为长期战略,改良产品技术和生产效率,构建竞争优势。第三,精准施策,依托差异化战略推进企业高质量发展。政府应建立“分类指导+精准扶持”机制,针对装备制造业不同企业的特点和需求,分层设计供应链安全支持政策。应对国有企业与民营企业进行差异化赋能,对国有企业应重点支持供应链资源整合平台建设,利用其规模优势提升全链效率,对民营企业则通过创新风险补偿,降低研发成本,促进技术成果转化。按可持续发展目标分级施策,低目标企业应加强基础性供应链风险监测系统建设,推行供应链安全合规标准,对高目标企业则应引导其将“绿色供应链认证”与技术研发紧密结合,鼓励其优先选择具备低碳工艺和绿色制造能力的供应商。应根据行业特征匹配差异化支持工具,中上游行业企业应加强关键材料技术攻关,联合高校建立产学研协同供应网络,破解“卡脖子”难题,对下游行业企业推广建设供应链云平台,通过大数据预测需求波动,动态调整库存与生产计划,降低供应链中断风险。

Supply Chain Security and High-Quality Development of Equipment Manufacturing Enterprises: The Mediating Role of R&D Investment

LI Qiping & GAO Yuhao

(School of Business, Changzhou University, Changzhou 213016, China)

Abstract: Based on the micro-level data from listed companies in China's Shanghai and Shenzhen A-share equipment manufacturing sector from 2009 to 2023, this study investigates the impact of supply chain security on the high-quality development of equipment manufacturing enterprises, as well as the mediating role of R&D investment. The results indicate that supply chain security significantly promotes the high-quality development of these enterprises, with R&D investment playing a crucial mediating role in this process. Further analysis reveals that supply chain security has a stronger effect on enhancing total factor productivity (TFP) in state-owned enterprises, whereas private enterprises leverage supply chain security more effectively to improve innovation performance. Enterprises with lower sustainable development goals rely more on supply chain security to optimize production efficiency, while those with higher sustainability goals transform it into an innovation-driven advantage. Upstream and midstream firms exhibit superior performance in enhancing innovation through supply chain security, whereas downstream firms significantly improve economies of scale and production efficiency through supply chain security construction. This study, from the perspective of supply chain security, provides empirical evidence and policy implications for promoting the high-quality development of the equipment manufacturing industry.

Key words: supply chain security; R&D investment; equipment manufacturing industry; high-quality development

(责任编辑 张伟平)