引用格式：任保平，苗新宇. 长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力研究[J]. 技术经济，2025，44(8)：40-51.

Ren Baoping，Miao Xinyu. Research on the innovation supply capacity of manufacturing IDN key technologies in the Yangtze River delta economic zone[J]. Journal of Technology Economics，2025，44(8)：40-51.

产业技术经济

长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力研究

任保平，苗新宇

（南京大学数字经济与管理学院，苏州 215163）

摘 要：制造业的智能化改造、数字化转型和网络化联接（简称“智改数转网联”）是数字时代推动实体经济新质化变革和实现高质量发展的主要途径，重点在于提升制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力。作为制造业集中分布地区和转型发展的前沿阵地，长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的提升对于全国而言具有重要的引领作用和示范意义。在界定制造业“智改数转网联”关键技术及其功能构成的基础上，本文利用全国工商企业专利信息数据，对长三角及全国其他地区制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力进行测度与综合评价。结果发现，长三角制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力整体上处于全国前列，其中江苏省的表现最为突出。针对创新支持、产业环境、数据要素、人才供给、治理保障、基础设施等“智改数转网联”关键技术创新供给的重要支撑点，本文提出多维支持体系建设以进一步赋能长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力提升，带动数字时代全国实体经济与数字经济的高质量深度融合发展。

关键词：长三角；制造业；智改数转网联；数字技术；创新供给能力

中图分类号：F061.5 **文献标志码**：A **文章编号**：1002-980X(2025)08-0040-12

DOI：10.12404/j.issn.1002-980X.J24112407

一、引言

演化经济学家卡萝塔·佩雷丝的“技术-经济范式”理论指出，技术进步尤其是通用技术领域的重大突破创新是推动传统经济转型发展和新经济形成的关键因素[1]。随着人工智能、大数据、云计算、区块链、物联网、移动互联等新一代数字信息技术的快速发展与产业应用，这些新兴技术表现出极强的渗透性与通用目的特征。技术可供性理论主要指技术对象被异质性用户开发利用以实现不同的目标潜能[2]，而数字技术可供性则进一步聚焦于行动主体出于特定目的运用数字技术产生各种结果的可能性[3]，强调行动主体对数字技术功能特质的感知及与数字技术主体间的持续交互行为[4]。这一过程突出表现为实体经济产业技术与新兴数字技术间的融合创新过程，并构成数字时代实体经济实现新质化变革和高质量发展的主要技术路径[5]，重点在于提升制造业智能化改造、数字化转型和网络化联接（以下简称“智改数转网联”）关键技术的创新供给能力。近期研究表明，以人工智能为代表的智能化技术及其产业应用可以通过优化企业劳动力结构、提升企业产能利用率、促进人机协同合作等机制推动制造业企业生产方式变革和生产效率提升[6-9]；以大数据、云计算、区块链为代表的数字化技术及其产业应用可以通过提升企业组织韧性、赋能供应链价值创

收稿日期：2024-11-24

基金项目：南京大学-中国移动联合研发项目“加快提升长三角制造业‘智改数转’支撑供给能力研究”(R24115WZ)；南京大学区域经济转型与管理变革协同创新中心重大委托项目“长三角区域数字化转型研究”(22njqyzd011)；江苏省研究生科研创新计划项目“数字经济与实体经济深度融合的发展效应研究”(KYCX24_0310)

作者简介：任保平(1968—)，南京大学数字经济与管理学院教授，研究方向：数字经济、政治经济学、发展经济学；(通信作者)苗新宇(1996—)，南京大学数字经济与管理学院博士研究生，研究方向：数字经济、发展经济学。

造、驱动颠覆性技术创新等机制推动制造业企业组织运营变革和创新效率提升[10-13]；以物联网、工业互联网等为代表的网络化技术及其产业应用可以通过推动制造业企业平台化数实融合和深度嵌入数字生态网络，驱动企业商业模式创新、优化资源配置并促进生产的柔性化[14-17]。由此可见，“智改数转网联”关键技术创新供给能力的提升对于数字时代制造业形成新质生产力和实现高质量发展具有关键性意义。

近年来，国内以制造业“智改数转网联”关键技术为主题的经济学和管理学研究大多集中于分析这些技术及其产业应用的现实影响，鲜有文献从创新供给能力的视角对其进行深入考察和综合评价。相关研究包括，刘云等[18]基于复杂产品系统的视角，对我国高档数控机床技术追赶特征进行系统性分析，并提出加快重点技术追赶的主要机制和优化创新生态系统的发展策略；黄先海和高亚兴[19]在利用我国企业专利信息测度上市公司数实产业技术融合创新行为的基础上，进一步分析了知识产权保护水平和数字基础设施建设对数实产业技术融合创新的制约作用；杨瑾和同智文[20]以20家装备制造企业为样本，探究了颠覆性技术创新推动装备制造企业智能化转型的必要条件及其实现路径；张骁等[14]基于数字技术可供性视角，采用嵌入式案例研究设计考察工业互联网平台对制造业企业从耦合式赋能到解耦式赋能的转变，揭示了平台在提升制造业数字技术创新供给能力方面的重要作用。因此，“智改数转网联”关键技术创新供给能力的形成与提升必然受制于多方面因素，需要依托综合性的支持体系建设加以支撑。

囊括“三省一市”的长江三角洲地区①（简称“长三角”）是我国经济发展最活跃、开放程度最高和创新能力最强的区域之一，是制造业产业尤其是先进制造业大规模聚集的地区。作为我国实体经济与数字经济深度融合发展的前沿阵地，长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的提升对于当前长三角乃至全国制造业的新一轮转型发展具有重要意义。相较于前述研究，本文在界定制造业“智改数转网联”关键技术及其主要功能构成的基础上，将研究视角进一步聚焦在长三角地区制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力方面，利用全国工商企业专利信息数据，对近十年来全国各地区尤其是长三角地区制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力进行测度与综合评价。针对长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给的重要支撑点，提出多维支持体系建设赋能长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力提升，充分释放长三角经济区的示范效应和辐射效应，带动全国制造业与数字经济的高质量深度融合发展。

二、制造业“智改数转网联”的关键技术及其功能构成

制造业是实体经济的核心产业，关系国家经济命脉[21]。制造业“智改数转网联”是实体经济与数字经济深度融合的重要构成部分，是以数据成为新型关键生产要素为基础、以数字技术为依托形成的数字时代制造业高质量发展新路径。不同领域技术要素的融合创新是形成新兴技术的重要机制[19]。制造业“智改数转网联”的关键技术群本质上是在实体经济与数字经济深度融合背景下对数字技术及其制造业重要产业应用成果的进一步划分。结合相关政策文件与企业界定义，可以将数字技术归纳为人工智能、大数据、云计算、区块链、物联网和移动互联六大核心技术群[22]。这些数字技术具有很强的渗透性、协同性等通用目的技术特征，不仅可以作为新技术手段直接嵌入制造业的生产运营环节，而且能够围绕数字化、智能化和网络化的发展导向对制造业传统产业技术进行改造升级，为制造业产业技术的研发创新活动提供新路径，具备足够的可供性潜质实现同制造业产业技术的协同应用与融合创新[23]，有利于塑造制造业产业活动的新型技术支撑体系。其中，制造业智能化改造的关键技术主要包括由人工智能等智能化技术衍生的智能制造技术群，制造业数字化转型的关键技术主要包括由大数据、云计算、区块链等数字化技术衍生的数字化制造技术群，制造业网络化联接的关键技术主要包括由移动互联、物联网等网络化技术衍生的工业互联网、工业物联网技术群。这些制造业“智改数转网联”关键技术的功能定位在于帮助制造业企业构筑数字化、智能化、网络化的生产运营系统，高效率地收集、处理和分析市场环境及企业内部产生的数据资源，并将之转化为数据

① 依据中共中央与国务院2019年12月印发的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》，长江三角洲经济区范围包括上海市、江苏省、浙江省、安徽省全域（面积35.8万平方千米）。以上海市，江苏省南京、无锡、常州、苏州、南通、扬州、镇江、盐城、泰州，浙江省杭州、宁波、温州、湖州、嘉兴、绍兴、金华、舟山、台州，安徽省合肥、芜湖、马鞍山、铜陵、安庆、滁州、池州、宣城27个城市为中心区（面积22.5万平方千米），辐射带动长三角地区高质量发展。

要素为企业活动提供信息价值赋能。这些新技术不仅有利于协调制造业企业组织内部的生产运营活动,而且能够帮助制造业企业充分融入数字生态网络,促进企业内主体与资源同外界环境间的高效率深度交互,降低内部管控成本和外部交易成本,提升企业综合运营效率和市场竞争能力[24],实现以全要素生产率提升为核心目标、以“智改数转网联”为主要路径的制造业新质化发展。

(一)制造业智能化改造的关键技术及其功能构成

人工智能是当代智能科学与技术的核心组成部分,通过探析智能的实质和对应的复杂算法实现,设计和生成一系列具有类人智能并能较好模仿人类行为和反应的智能机器,涵盖机器学习、图像识别、语言识别、专家系统、自然语言处理、自动化、机器人等智能科技领域[25]。伴随新一轮智能科技革命的持续推进,以人工智能技术为底层架构形成的智能科技技术群已经具备深度学习、自主操控、群智开放、跨界协同等新特征[26],成为新一轮科技创新和产业变革的重要驱动力,塑造新的“智能技术-经济范式”引导经济活动逻辑调整,将人类社会逐步推入智能互联的新时代。在这一过程中,制造业的竞争与发展逻辑正在发生深刻变革,快速发展的人工智能技术与传统制造业的运营过程和业务流程产生实质性融合,推动制造业企业内部运作和生产经营模式的智能化变革,加速计算机集成制造、敏捷制造、柔性制造等先进制造技术与制造理念的更新迭代,催生出具有鲜明智能化、自动化、柔性化等特征趋向的新型制造理念和生产运营模式。以人工智能为代表的智能科学技术与制造业产业技术深度融合创新形成智能制造技术群,构成数字时代制造业实现智能化改造的关键技术支撑。

综合来看,智能制造是指在制造业设计、研发、生产、管理、服务等产业活动的各个环节,将智能科学技术同制造业产业技术相结合,以一种高度集成和柔性化的方式实现制造业企业内部、制造业企业之间及制造业产品全生命周期的管理优化[27]。结合先进的人工智能算法和产业实践场景,智能制造技术能够基于智能化的解决方案降低制造业企业生产运营过程中复杂任务的人工干预程度,以人机协同和知识赋能方式帮助制造业企业管理人员和生产人员制定生产计划和优化生产流程,提高生产组织过程的自动化、柔性化和精益化水平。依托智能制造系统的基本逻辑架构,制造业企业可以进一步打造出融合自动制造、精益制造、敏捷制造、柔性制造、绿色制造、可持续制造等多种先进制造理念和功能实现的数字化车间和智能工厂,将智能科学技术应用于从研发、生产、管理到供应链运营的全流程环节。实现人、机、物综合集成向涵盖物理和虚拟制造资源的泛在智能化集成延伸,形成智能化调度与闭环优化相结合的自适应机制,提升组织运营模式和质量监管过程的智能化水平和动态创新能力。在上述过程中,制造业企业能够以更敏捷的研发模式、生产模式、管理模式和供应链运营适应数字经济时代日益个性化的需求倾向和复杂多变的市场环境,增强对内部管控过程和外部市场变化的感知与及时响应能力,降低资源错配风险和内外部交易成本,提升生产效率和精准化程度。

(二)制造业数字化转型的关键技术及其功能构成

以大数据、云计算和区块链为代表的数字技术与制造业产业技术深度融合形成数字化制造技术群,构成数字时代制造业实现数字化转型的关键技术支撑。其中,大数据技术是指一系列不断快速发展的针对大规模数据集合的先进数据技术,通过高速获取大规模多样化的数据资源,发现、分析并提取数据的价值[28]。随着数据成为新型生产要素,制造业生产运营过程中需要使用的数据集合很多都属于大数据范畴。这些数据具有规模庞大、类型多样、流转速度快、价值密度低等特征,以至于在获取、存储、管理、分析等方面大大超出了传统数据技术的能力上限,需要专门处理大规模数据资源的大数据技术提供技术支持。云计算技术是指通过集成计算、存储和网络资源实现公共计算服务的动态提供,涉及数据库管理、数据存储、数据分析等各种数字服务,在无须企业自行拥有和管理相关算力资源的条件下帮助企业获得计算能力并实现数据资源高效利用的一类数字技术。按照服务对象,云计算技术可以分为软件即服务、平台即服务、基础架构即服务三种类型[29]。区块链技术起源于比特币,是以一种以块链式存储为特征的去中心化分布式账本技术,通过结合分布式存储、共识机制、点对点传输等数字技术要素,以连续且不断增长的数据块链记录信息并保障数据的安全和透明性,具有可追溯、去中心化、不可篡改、可编程性、高安全性、自动执行等特征[30]。

数字化制造技术具有典型的通用目的技术特征,对制造业产业技术和生产运营过程具有强大的渗透

力，是加速以数据要素为核心的新型生产资料普及、推动制造业生产运营模式数字化变革的重要技术支撑。随着制造业产业数字化程度的提升，结合产业实践场景深化和创新数字化制造技术应用成为制造业企业降低数据获取与处理成本、提高资源配置效率的关键路径，具备完整、及时、细化和连续的信息结构是制造业企业实现数字化转型的重要标志[31]。具体而言，大数据技术可以帮助制造业企业获取、处理、分析和开发海量数据资源，释放数据要素的信息价值赋能，不断完善和优化客户管理服务并准确预测市场发展趋向，实现研发创新、产品定制、供应链管理的精准化和精细化。云计算技术可以大幅扩展制造业企业能够使用的算力资源，推动数据处理成本下降的同时强化供应链上下游企业之间的数据共享能力，并在组织数智化运营管理过程中发挥重要作用。区块链技术可以帮助制造业企业实现关于研发、生产、管理、采购、销售等各环节的全过程记录，提高制造业全产业链供应链的安全性、可追溯性和自动化程度，大幅降低制造业企业生产运营和市场交易过程中的业务违约风险并提高资源利用效率[32]。此外，近期研究表明，数字化制造技术的广泛应用正在通过信息与通信技术（information and communications technology，ICT）资本积累加速资本深化，进而提高资本对制造业企业研发创新投入的支持力度，增强企业动态化自主创新能力的同时驱动企业实现突破式和颠覆式创新，推动制造业企业组织的技术范式变革和综合运营效率提升[33-34]。

（三）制造业网络化联接的关键技术及其功能构成

在实体经济与数字经济深度融合的背景下，充分融入和利用数字经济生态成为很多制造业企业获取重要市场资源和构筑新竞争优势的重要途径，由此形成的制造业发展模式呈现出高度网络化的发展趋向，而这一现象背后的技术推动力主要源于以移动互联和物联网为代表的数字网络技术及其产业应用的快速发展。移动互联技术以互联网为核心，以移动终端为节点，涉及传感技术、通信技术、计算机技术等技术领域，通过融合互联网技术和移动通信技术，实现跨区域异质性主体的泛在联接，推动数据资源的高效率大范围共享，赋能制造业企业组织内部的业务联结及同外界环境的信息交互。物联网技术则以物体、网络和信息为核心构成要素，通过在物质实体中植入具有网络联接功能的传感设备，借助特定协议和无线网络、计算机系统、传感技术、射频识别技术、追溯技术等介质进行智能化的信息读取、传输和处理工作，旨在搭建能够实现人、机、物之间自由的信息交换乃至智慧互联的网络系统[35]。以移动互联技术和物联网技术为代表的数字技术与制造业产业技术深度融合形成工业互联网和工业物联网技术群，构成数字时代制造业实现生产过程网络化发展的关键技术支撑。

借助工业互联网和工业物联网，制造业企业能够以近乎无视空间阻隔的方式完成具有虚拟属性的知识信息和要素资源的存储与传输，由此形成高度联通的制造业生态体系，实现制造业产业链供应链上不同经济主体间的业务联结与信息交互，产生强大的网络效应和知识溢出效应，推动制造业产业围绕网络架构实现互联式发展。一方面，大量制造业的产业创新单元可以基于工业互联网和工业物联网系统聚合形成高度联通的制造业创新生态网络，通过目标知识搜寻和知识共享机制实现大范围异质性知识体的高度互联和创新资源的跨界联通，促进局部知识的组织外溢和外部知识的有效整合，产生知识外部性和规模经济效应赋能制造业领域的研发创新活动。上述结果很大程度上颠覆了强调创新活动空间依赖性的传统创新理论假设，推动传统制造业的线性和交互式创新模式向数字时代开放式互联式的创新模式转型，以整个创新生态网络的协力共进推动制造业产业技术体系的变革。另一方面，基于工业互联网和工业物联网系统，大范围的制造业产业单元能够围绕业务关系实现高度网络化的联接交互，催生出高度联通的制造业供应链生态网络促进供应链资源的联通整合。该网络体系能够将传统制造业产业活动中的单线条模块向多线条模块转化，促进制造业生产链条的集约化和扁平化发展，有利于形成技术渗透、数据联通、业务交叉、运营协同的制造业产业运营新机制，赋能制造业企业供应链活动的降本增效。

三、长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的测度与评价

长三角不仅是我国制造业尤其是先进制造业大规模集中分布的地区，更是实现创新驱动发展的前沿阵地。国家统计局的数据显示，长三角三省一市的行政区划面积仅占到全国陆地总面积的3.7%，而2022年其工业增加值约占当年全国工业增加值的四分之一，国内发明专利申请受理量约占当年全国发明专利申请受

理量的三分之一。这些数据表明,长三角“智改数转网联”关键技术创新供给能力的提升可以为数字经济时代我国制造业的高质量转型发展提供重要的技术支撑和路径借鉴,对于我国从制造大国向制造强国迈进具有关键意义。针对上述支撑制造业智能化改造、数字化转型和网络化联接的关键技术群,本文基于全国工商企业专利信息数据,对我国 31 个省份(因数据缺失,未包含港澳台地区)制造业的“智改数转网联”关键技术创新供给能力进行测度。选取 2014 年、2019 年和 2023 年作为主要观测节点,详细对比长三角内部三省一市及其与其他区域在智能化改造、数字化转型和网络化联接三类关键技术群方面的创新供给能力差异及其随时间的变化趋势,重点分析长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的优势构成和相对薄弱之处,为相关公共部门的政策制定提供实证参考。

(一)分省份制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的测度

专利信息是当前社会科学领域用于测度技术创新供给能力的主要数据来源,近年来也有一些学者开始利用专利信息测度企业层面的数字创新水平[36]。利用“企查查”企业信用信息查询平台关于全国工商注册企业的信息检索功能,可以统计出历年各省份的全部工商注册企业中拥有“智改数转网联”关键技术专利的制造业企业数量,本文将其作为核心代理指标对各地区制造业近 10 年来的“智改数转网联”关键技术创新供给能力进行测度。借鉴当前利用文本分析方法测度企业数字化转型程度[37-38]和实数产业技术融合创新程度[19]的重要研究成果,选取“智能化”“人工智能”“智能制造”“自动化”作为智能化改造关键技术的分类词语,选取“数字化”“大数据”“云计算”“区块链”作为数字化转型关键技术的分类词语,选取“网络化”“物联网”“工业互联网”“移动互联”作为网络化联接关键技术的分类词语,并在这些分类词语的基础上进一步定义“智改数转网联”每个维度下的关键词词典,如表 1 所示。在“企查查”数据平台的全国工商注册企业查询系统中,检索这些关键词并将检索范围进一步限定为企业专利和制造业企业,再通过限制企业成立时间即可获取历年各省份中满足上述检索条件的工商企业数量。依据检索关键词的不同,将该数量定义为当地拥有智能化改造、数字化转型或网络化联接关键技术专利的工商企业数量。

考虑到人均指标通常比总量指标更能反映一个地区的发达水平,因此,再将该企业数量除以对应地区的年末常住人口得到人均意义上的企业数量指标,将之对数化后记为 $Firmpc$。为便于数据解读和时空对比,借鉴王小鲁等[40]和郭峰等[41]的处理方法,将该指标进行如式(1)所示的极差标准化处理。

$$Firmpc_{it,\text{标准化后}} = \frac{Firmpc_{it} - \min(Firmpc_{it})}{\max(Firmpc_{it}) - \min(Firmpc_{it})} \times 100 \quad (1)$$

表 1 “智改数转网联”关键技术的关键词词典

维度	分类词语	关键词词典
智能化改造	智能化、人工智能、智能制造、自动化	高端智能、工业机器人、工业智能、人工智能、商业智能、图像理解、移动智能、智慧农业、智能仓储、智能穿戴、智能电网、智能工厂、智能故障诊断、智能管理、智能化、智能环保、智能机器人、智能技术、智能交通、智能科技、智能客服、智能控制、智能能源、智能设备、智能生产、智能文旅、智能物流、智能系统、智能医疗、智能移动、智能营销、智能制造、智能终端、自动化、自动监测、自动监控、自动检测、自动控制、自动生产
数字化转型	数字化、大数据、云计算、区块链	大数据、分布式计算、混合现实、机器学习、类脑计算、流计算、绿色计算、内存计算、区块链、认知计算、融合架构、数据管理、数据科学、数据可视化、数据平台、数据挖掘、数据网络、数据中心、数字化、数字化车间、数字货币、数字控制、数字通信、数字营销、数字终端、图计算、信息物理系统、虚拟现实、亿级并发、异构数据、云服务、云计算、云平台、云生态、增强现实
网络化联结	网络化、物联网、工业互联网、移动互联	产业互联网、第三方支付、电子商务、工业互联网、互联网技术、互联网解决方案、互联网模式、互联网平台、互联网商业模式、互联网生态、互联网思维、互联网行动、互联网业务、互联网医疗、互联网移动、互联网应用、互联网营销、互联网战略、万物互联、网络化、物联网、线上到线下、线上和线下、线上线下、移动互联、移动支付、“互联网+”、B2B(business to business)、B2C(business to consumer)、C2B(customer to business)、C2C(consumer to consumer)、O2O(online to offline)

其中：下标 i 和 t 分别为对应的省份和年份。

经上述标准化处理后，*Firmpc* 的值已全部位于 0～100，将之作为各地区相应“智改数转网联”关键技术创新供给能力的标准化评分。本文选取 2014 年、2019 年和 2023 年为考察的主要时间节点，依据上述步骤计算这三年各省份智能化改造、数字化转型和网络化联接关键技术创新供给能力的标准化评分，以此衡量各地区尤其是长三角地区关于“智改数转网联”三类关键技术群的创新供给能力，具体的测算结果汇总在表 2 中。

表 2　中国内地各地区制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力评分

地区		智能化改造关键技术			数字化转型关键技术			网络化联接关键技术		
		2014 年	2019 年	2023 年	2014 年	2019 年	2023 年	2014 年	2019 年	2023 年
长三角地区	上海	59.23	63.53	64.42	80.23	85.10	85.30	55.01	60.37	61.69
	江苏	80.46	95.25	100.00	78.49	92.97	100.00	76.01	94.79	100.00
	浙江	85.18	97.05	99.08	65.11	70.76	72.87	66.18	74.59	76.47
	安徽	30.90	43.86	48.35	33.09	41.95	45.41	28.73	39.41	42.88
东部地区（其他）	北京	27.42	28.51	29.25	74.58	76.47	76.68	34.00	34.41	34.50
	天津	55.12	66.47	68.79	38.89	42.57	44.07	36.91	48.37	50.22
	河北	15.84	21.34	22.58	13.27	16.79	17.32	9.27	11.22	12.21
	福建	40.36	48.70	50.07	29.76	33.93	34.89	28.07	36.57	37.40
	山东	34.03	43.65	46.51	33.95	41.99	43.21	30.49	38.56	39.84
	广东	79.19	94.51	97.99	76.17	88.57	91.15	74.10	86.29	90.15
	海南	5.55	7.70	9.65	3.77	3.54	9.13	5.07	5.57	6.16
中部地区（其他）	山西	6.78	9.53	10.90	8.64	11.39	11.78	4.71	6.33	8.17
	江西	20.12	30.36	33.32	14.36	17.85	18.57	11.61	17.39	18.37
	河南	12.81	17.05	18.50	14.80	16.64	17.28	8.84	11.54	12.53
	湖北	18.43	24.27	26.50	22.65	25.15	27.08	11.38	15.13	16.67
	湖南	13.95	21.01	23.51	15.92	20.21	21.90	10.14	16.45	17.36
西部地区	内蒙古	2.78	4.29	4.60	5.28	7.29	8.30	3.56	4.26	4.29
	广西	4.05	6.23	6.90	4.93	5.89	5.82	2.99	3.97	4.08
	重庆	20.91	26.87	28.26	19.56	23.76	26.44	12.68	16.27	16.87
	四川	12.17	14.96	15.72	16.37	19.15	19.38	9.50	11.23	11.67
	贵州	4.54	7.46	8.27	5.43	7.32	9.12	3.45	5.14	5.34
	云南	3.85	5.38	6.24	5.05	5.98	6.25	3.24	4.53	4.89
	西藏	0.00	2.42	3.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	陕西	16.69	21.15	22.63	27.36	31.22	33.73	15.41	20.47	21.58
	甘肃	3.76	5.16	5.47	3.25	3.28	3.30	4.69	5.68	5.71
	青海	2.79	3.85	5.13	2.04	1.99	1.98	2.75	2.69	3.99
	宁夏	15.74	19.93	21.39	25.76	32.38	33.47	8.15	7.71	9.75
	新疆	5.33	6.85	7.70	6.56	6.42	7.26	5.11	6.18	6.72
东北地区	辽宁	20.20	24.15	25.80	20.62	23.97	25.25	12.29	14.17	14.99
	吉林	6.31	8.60	9.52	7.99	13.39	14.94	5.09	6.78	7.40
	黑龙江	6.29	9.51	10.97	8.78	11.16	12.84	3.29	4.86	5.36

注：四大经济区域（东中西部和东北地区）的划分参照国家统计局 2011 年 6 月发布的“东中西部和东北地区划分方法”；长三角地区的划分参照 2019 年 12 月中共中央 国务院印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》。

（二）长三角地区制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的评价

依据表 2 汇总的各省份在 2014 年、2019 年和 2023 年的评分数据，分别从智能化改造关键技术创新供给能力、数字化转型关键技术创新供给能力和网络化联接关键技术创新供给能力三个维度对长三角地区制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力进行综合评价。在智能化改造关键技术创新供给能力方面，长三角地区三省一市中江苏省和浙江省制造业的表现最为突出，且 2014—2019 年的发展速度非常快，二者该指标近 10 年来长期位于全国的最前列。上海市制造业的智能化改造关键技术创新供给能力评分同样长期位居全国前列，但发展速度不及江苏省和浙江省。安徽省制造业的智能化改造技术创新供给能力评分明显低于上述长三角地区的其他省市，但从全国层面来看同样长期处于相对靠前的位置，而且要大幅领先于同

属中部地区的其他省份,且近10年来这一差距有明显的扩大趋势。综合来看,长三角地区制造业的智能化改造关键技术创新供给能力在全国层面长期处于领先地位,远强于中部地区、西部地区和东北地区,除去隶属中部地区的安徽省外,在经济发达的东部地区也同样具有比较明显的优势地位。近十年来,尤其是2014—2019年,长三角地区制造业的智能化改造关键技术创新供给能力的整体发展速度非常快。此外,就全国四大经济区域来看,东部地区除海南省与河北省外制造业的智能化改造关键技术创新供给能力长期以来远高于中部地区、西部地区和东北地区,而长三角地区中隶属东部地区的上海市、江苏省和浙江省又在东部地区长期处于领先地位,确属我国制造业实现智能化改造关键技术创新供给的前沿阵地。

在数字化转型关键技术创新供给能力方面,长三角地区江苏省制造业的表现最为突出,且2014—2019年的发展速度非常快,该指标10年来长期位于全国最前列,是我国制造业数字化转型关键技术创新供给能力最强且发展速度最快的省份。上海市和浙江省制造业的数字化转型关键技术创新供给能力同样位居全国前列,但发展速度不及江苏省迅猛,尤其是近5年来的发展速度有明显的放缓趋向。上海市数字化转型关键技术创新供给能力在2014年时的评分甚至要略高于江苏省,但2019年和2023年的评分已经与江苏省存在明显差距。相比之下,安徽省制造业的数字化转型技术创新供给能力评分要明显低于同处长三角地区的江苏省、上海市和浙江省,但从全国层面来看同样长期处于相对靠前的位置,而且要明显高于其他中部地区省份。综合来看,长三角地区尤其是江苏省制造业的数字化转型技术创新供给能力在全国层面上长期处于比较明显的领先地位,其内部三省一市现阶段在该指标上具有比较鲜明的排序层次性,即"江苏省>上海市>浙江省>安徽省"。此外,就全国四大经济区域来看,东部地区除海南省与河北省以外的其他省市制造业的数字化转型技术创新供给能力要明显高于中、西部地区和东北地区,而长三角地区的三省一市与东部地区的其他省市相比同样长期处于相对领先的地位,是我国制造业实现数字化转型关键技术创新供给的领跑型经济区域。

在网络化联接关键技术创新供给能力方面,长三角地区三省一市中江苏省的表现同样最为突出,在2014年、2019年和2023年三个统计年度的指标评分均位列全国第一,而且2014—2019年的发展速度非常快且居于全国首位,是我国在制造业网络化联接关键技术创新供给能力方面最发达省份。在长三角地区的其他省份中,浙江省和上海市制造业网络化联接关键技术创新供给能力评分长期以来分别位居二、三位,虽然与江苏省存在明显差距,但在全国层面也仅此次于江苏省和广东省分列全国第三位和第四位,同属我国在该领域最发达的几个地区。隶属中部地区的安徽省制造业的网络化联接关键技术创新供给能力虽然长期以来与长三角地区的其他省份存在较大差距,但依然是中部地区在该领域的最发达省份。综合来看,长三角地区三省一市在制造业网络化联接关键技术创新供给方面同样表现出鲜明的层次性特征,即"江苏省>浙江省>上海市>安徽省"。从四大经济区域层面看,东部地区除海南省与河北省外其他省市制造业的网络化联接关键技术创新供给能力要明显领先于广大中西部地区和东北地区,而长三角地区中隶属东部地区的江苏省、浙江省和上海市在东部地区中同样位居前列。该现象与制造业智能化改造关键技术和数字化转型关键技术创新供给能力的地区分布特征是高度一致的,从中可以反映出我国东部地区特别是隶属长三角地区的三省份在制造业"智改数转网联"关键技术创新供给能力方面具有非常明显的优势地位,也符合国内学术界关于东部地区尤其是长三角地区数字经济发达和创新能力强的普遍性认知。

特别地,综合比较2014年、2019年和2023年长三角地区三省一市在制造业"智改数转网联"关键技术创新供给能力方面的差异和变化趋势,发现近10年来江苏省三个能力维度均是其中发展速度最快的省份。在2023年时,江苏省制造业"智改数转网联"三个维度关键技术创新供给能力的综合评分均已达到最高分值。这意味着,江苏省当前已经在制造业"智改数转网联"关键技术创新供给领域成为我国的最发达省份。基于技术创新的外部溢出效应,结合经济大省、人口大省尤其是制造业大省的地位,江苏省可以发挥出强大的辐射带动效应,推动整个长三角地区乃至全国制造业的智能化改造、数字化转型和网络化联接,为我国数字时代制造业的高质量转型发展提供强大赋能,而如何更好地利用和发挥该效应、缓解区域性数字鸿沟的潜在负面影响则成为学术界和相关公共部门必须重点思考的政策性内容。

（三）区域制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力对实体企业高质量发展的影响：一个探索性检验

为进一步探究区域制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力提升是否有助于实体企业实现高质量发展，本文参考沈坤荣等[7]的研究，以全要素生产率作为实体企业高质量发展的代理变量，基于中国经济金融研究（CSMAR）数据库的中国上市公司数据和本文测算的各省份制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力评分（表2）。利用如式（2）所示的多元线性回归模型探索性地检验区域制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的长期性提升对实体企业高质量发展的影响。

$$TFP_{pcjit} = \alpha + \beta_1 AI_{pt} + \beta_2 DT_{pt} + \beta_3 NG_{pt} + \theta X_{it} + Firm_i + City_c + Ind_j + Year_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中：下标 i 为企业；t 为年份；p、c、j 分别为企业所属的省份、城市、行业；α 为常数项；β、θ 分别为对应变量的回归系数；ε 为随机误差项。被解释变量 *TFP* 表示“企业-年份”层面的全要素生产率，参考黄先海和高亚兴[19]、Huang 等[42]、宋敏等[43]的研究，在对相关价格变量进行平减处理的基础上利用 OP 方法和 LP 方法分行业进行测算，记之为 *TFP_OP* 和 *TFP_LP*；核心解释变量有 *AI*、*DT* 和 *NG*，分别为表1测算的各省份智能化改造、数字化转型和网络化联接的关键技术创新供给能力评分；*X* 为一系列“企业-年份”层面的控制变量，包括企业规模、资产负债状况、盈利能力、股权集中度、现金状况、成长能力、董事会规模、产权属性等方面的衡量指标。为控制宏观环境的时变因素和企业异质性特征，并考虑到少数上市公司样本期内存在改变注册地和所属行业的现象，本文进一步控制企业固定效应（*Firm*）、城市固定效应（*City*）、行业固定效应（*Ind*）和年份固定效应（*Year*）。遵循既有的研究惯例，本文对研究样本进行以下处理：剔除处于 PT（particular tranfer）、ST（special treatment）、*ST 等异常状态的企业样本；剔除资不抵债的企业样本；剔除主要变量数据信息缺失的企业样本；剔除属于金融业和房地产业的非实体企业样本；对所有连续型变量在1%和99%的水平上进行缩尾处理。表3的回归结果显示，无论是否加入企业层面的控制变量，三个核心解释变量中仅有 *AI* 的系数显著为正，表明地区智能化改造的关键技术创新供给能力提升对当地实体企业的全要素生产率有显著促进作用，而数字化转型和网络化联接的关键技术创新供给能力则对之没有显著性影响，这一现象及其背后逻辑机制可能需要未来更加深入的研究工作进行剖析。

表3　区域制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力与实体企业高质量发展

变量	（1）	（2）	（3）	（4）
	TFP_OP	*TFP_OP*	*TFP_LP*	*TFP_LP*
AI	0.016**	0.009*	0.016**	0.009*
	（0.007）	（0.005）	（0.007）	（0.005）
DT	−0.010	−0.003	−0.010	−0.003
	（0.008）	（0.006）	（0.008）	（0.006）
NC	−0.008	−0.008	−0.009	−0.008
	（0.008）	（0.006）	（0.008）	（0.006）
控制变量	否	是	否	是
企业固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
行业固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
观测值	8253	7585	8253	7585

注：*、**、*** 分别代表10%、5%、1%的显著性水平；括号内数值是聚类在企业层面的稳健标准误。

四、进一步提升长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的支持体系建设

当前，我国正在由制造业大国向制造业强国迈进。在数字时代，“智改数转网联”已然成为实现传统制造业转型升级和实体经济与数字经济高质量深度融合发展的关键路径，而智能化改造、数字化转型、网络化联接三个维度关键技术的创新供给则是上述效应得以实现的重要驱动因素。关于长三角地区制造业“智改

数转网联”关键技术创新供给能力的测度与综合评价表明,长三角地区尤其是江苏省在该领域整体上处于全国前列,为我国制造业实现智能化、数字化、网络化发展提供了重要的技术创新支持。同时也必须看到,当前长三角地区内部三省一市在制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力方面存在一定的分化现象。其中,江苏省的领先地位较为明显,而安徽省相较于长三角地区三个东部省市仍有较大差距。数字时代知识与产业技术的迭代创新速度要远高于工业经济时代,这意味着全球视角下的制造业“智改数转网联”关键技术群必然处于快速演进和创新迭代的发展过程之中,既有的技术优势随时可能面临新兴技术的冲击。要求长三角地区在充分识别和理解“智改数转网联”关键技术功能特质、发展逻辑与地区比较优势的基础上,继续破解和优化这类技术的创新供给问题。从创新政策激励、数字产业支持、创新要素保障、基础设施建设、治理体系完善等方面进一步推动制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力提升[44],加速创新资源积累,并降低不利于创新资源流通和利用的现实阻碍。充分释放制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力发达地区对滞后地区的辐射带动作用,助推长三角三省一市乃至全国层面制造业实现以智能化、数字化和网络化为主要发展取向的转型升级。

第一,加快建设和完善进一步提升长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的创新支持体系。作为我国制造业“智改数转网联”及其关键技术创新供给的前沿阵地,长三角地区需要在解决我国相关技术创新问题的过程中发挥引领示范作用。一是要充分发挥社会主义制度优势,加大对“智改数转网联”关键技术领域研发创新的政策支持力度。围绕制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给,发挥长三角地区地方政府的引导和激励作用,完善知识产权保护和创新政策激励的政策安排,为“智改数转网联”关键技术创新活动提供法律保障和经济激励,促进创新成果向现实经济效益转化。二是要发挥长三角地区的市场经济优势,充分利用上海市、杭州市、南京市等中心城市丰富的经济资源与科教资源,以制造业“智改数转网联”的发展需求为导向构建开放式、跨区域的多主体合作创新模式,带动制造业“智改数转网联”关键技术的高质量创新供给。鼓励相关企业、高校和研究机构围绕制造业“智改数转网联”关键技术创新展开深入合作,实现跨部门、跨地区创新主体的高效信息共享。三是要针对半导体技术、高端数控机床、高端工业软件等易受“卡脖子”威胁的关键技术领域,积极发挥长三角地区的创新示范作用,加大创新资源投入力度。以长三角地区的发达市场经济为依托强化创新资源的市场化配置,增强“智改数转网联”关键技术创新链同制造业产业链间的良性互动,引导创新资源投入相关研发创新和应用创新领域,提升“智改数转网联”关键技术的自主创新能力。

第二,加快建设和完善进一步提升长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的产业支持体系。作为数字时代国家竞争力的重要体现,数字产业生态日益成为新型制造业培育和传统制造业转型发展的重要依托。长三角地区应进一步针对制造业“智改数转网联”关键技术及制造业产业发展需求协同推进数字产业化和产业数字化,以制造业“智改数转网联”关键技术为重点发展数字经济核心产业。围绕“智改数转网联”关键技术供应链和创新链布局制造业产业链,加快新兴数字技术对制造业产业技术更大范围和更深层次的渗透融合,扩展“智改数转网联”关键技术群的制造业应用场景。长三角各地应以具有地区比较优势的制造业产业为主要载体突出技术应用与创新应用导向,以足够的灵活性和创造性吸纳“智改数转网联”关键技术的前沿性创新成果,并结合最新的技术特点和发展趋势拓展制造业“智改数转网联”的实践场景,最大限度地发挥相关数字技术赋能产业转型升级的效能,加速“智改数转网联”关键技术创新性成果向现实生产力转化。同时,长三角地区要充分利用丰富的制造业产业资源,以链网融合的数字生态系统为基础架构制造业产业生态圈,打造集研发创新、生产管理和供应链运营于一体的“智改数转网联”关键技术产业链供应链,实现创新活动与制造业产业发展需求的双向引导,推动“智改数转网联”关键技术创新链与制造业产业链的双链融合发展。

第三,加快建设和完善进一步提升长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的数据支持体系。加快建设数据要素市场、推动数据要素的有效流通是制造业“智改数转网联”发展的必然要求,对于提升制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力具有重要意义。当前,我国数据要素市场建设依然存在不少短板,主要表现在数据立法不健全、数据交易规则不完善、数据价值挖掘不充分等方面。长三角地区作为我国数字经济发展和制造业“智改数转网联”的前沿阵地,需要在数据要素市场建设方面发挥示范带头作

用，以大规模、高效率、高质量的数据要素供给进一步强化制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给。一方面，长三角地区应注重发挥数字平台和数据中心联通大规模异质性市场主体、整合线上线下海量数据资源的强大功能，提升数据要素跨区域、跨行业、跨组织的流通效率和开发效率，促进数据要素对制造业“智改数转网联”关键技术创新供给的广泛渗透和价值赋能。另一方面，长三角地区应加快完善数据要素治理的体制机制，建立健全数据资源的开放共享制度、产权制度和管理规范，完善针对数据安全治理的法律法规并探索新型治理模式，保障数据要素的安全有序流通。此外，长三角地区应针对数据要素市场化交易的核心环节，重点布局建设新一代通信网络、工业互联网、大数据中心等数字基础设施，促进数据资源的集中利用与跨界流通，对制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的提升进行信息价值赋能。

第四，加快建设和完善进一步提升长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的人才支持体系。制造业“智改数转网联”的发展过程也是市场人力资源需求结构的变革过程，智能制造、数字化制造、工业互联网、工业物联网等制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给需要大量具备数字技术、数据要素知识和制造业产业知识的复合型技能人才提供支持。当前，我国在该领域的中高端复合技能型人才供需缺口明显，且教育环节落后于制造业产业“智改数转网联”的创新发展实践。作为我国人力资源、教育资源最富裕地区之一，长三角地区需要在上述复合型技能人才的培育方面发挥示范引领作用，以人才支持体系建设进一步提升制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力。长三角地区应针对“智改数转网联”关键技术及其制造业产业应用实施教育改革，鼓励高等院校、中等职业学校等教育单位围绕大数据、物联网、半导体、人工智能、工业软件等制造业“智改数转网联”关键技术领域增设专业和课程，强化制造业“智改数转网联”关键技术创新供给的人力资源支持。探索产教对接的高水平复合型人才培养模式。围绕制造业“智改数转网联”关键技术的知识体系完善学校学习与社会实践环节，持续深化产教融合、校企合作的联合培养模式，支持“智改数转网联”的先进制造业企业与科研院所、高等院校共建人才培养基地，加强教育内容与“智改数转网联”关键技术创新实践联系的紧密性程度，全方位提升复合型技能人才的培养培训能力。

第五，加快建设和完善进一步提升长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的基础设施支持体系。数字基础设施是为数字企业生产运营、传统企业数字化转型和居民数字消费提供公共产品与服务的支撑性设施，制造业“智改数转网联”关键技术创新供给需要完善的数字基础设施体系提供数据与算力支持。作为我国数字经济发展和制造业“智改数转网联”的前沿阵地，长三角地区对数据资源和算力资源有着很高的需求。要求以物联网、大数据中心、工业互联网、新一代移动通信网络等为重点完善数字基础设施体系，进一步赋能制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力提升。一方面，长三角地区应加大数字基础设施尤其是工业互联网、大数据中心等新一代网络基础设施和算力基础设施的建设力度，优化国家算力枢纽节点的建设布局，形成以数据设施、算力设施为核心、通信网络为基础、数据创新为驱动的数字基础设施体系，加速数据要素的跨区域、跨行业流通，打通制造业“智改数转网联”关键技术创新供给的信息脉络，赋能相关研发创新活动。另一方面，长三角地区应进一步优化数字基础设施的地域分布和产业布局，充分发挥制造业规模与数字技术创新方面的比较优势，积极参与“东数西算”工程，支持全国一体化算力网络建设，带动全国层面数据资源的高效流通，系统性消除地区数字鸿沟和行业数字鸿沟。同时借助中西部地区的资源能源优势支持本地庞大的数据和算力需求，赋能制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给活动。

第六，加快建设和进一步提升长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的治理支持体系。数字技术及其应用创新本质上是一把“双刃剑”，在提高经济运行效率、改善居民生活福利的同时也会导致市场自发秩序变革，引起平台垄断、算法统治等发展问题。作为数字经济发达地区和制造业“智改数转网联”的前沿阵地，长三角地区在进一步提升制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的同时，也必须注重加强数字安全治理体系建设。一方面，长三角地区应针对算法统治、数据侵权等制造业“智改数转网联”关键技术创新及其产业应用可能引发的新型治理问题，建立健全相关监管机制和安全保障机制。完善适应人工智能、大数据等制造业“智改数转网联”关键技术产业应用的制度规则，强化算法治理和数据治理工作。以维护市场公平竞争和群众利益为基准导向约束企业行为，防范数字化的大型制造业企业利用算法优势破坏经济秩序。另一方面，长三角地区应构建囊括个人数字安全和产业数字安全在内的数字安全屏障，要求

制造业企业在进行“智改数转网联”关键技术创新供给活动的同时,坚守个人数据隐私和数据安全等法律法规,惩戒数据侵权等损害公民利益的技术性行为。此外,长三角地区应围绕制造业“智改数转网联”关键技术及其产业应用进一步强化制造业产业安全的治理工作,通过协议解析、关联分析等渠道对制造业“智改数转网联”关键技术创新供给活动的合法性和安全性进行核实,防范化解系统性的数字安全风险。

五、总结与展望

制造业“智改数转网联”是数字时代推动实体经济新质化变革和实现高质量发展的主要途径。本文将研究重点聚焦于我国制造业尤其是先进制造业大量聚集的长三角地区,在界定制造业“智改数转网联”关键技术及其功能构成的基础上,利用工商企业注册信息和专利信息数据,对长三角制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力进行测度与综合评价。结果表明,长三角制造业“智改数转网联”关键技术的创新供给能力整体上处于全国前列,其中江苏省的表现最为突出。基于测算结果和实体经济与数字经济产业技术融合创新的发展要求,本文进一步围绕创新支持、产业环境、数据要素、人才供给、治理保障、基础设施等重要支撑点提出多维支持体系建设,从而更好地赋能长三角制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的提升。同时,也必须承认本文存在以下几点不足:一是尚未构建起用于分析制造业“智改数转网联”关键技术创新供给的系统化理论框架;二是以制造业工商注册企业专利情况测度各地区制造业“智改数转网联”关键技术创新供给能力的方法略显粗糙。在后续研究中,可以借助现代发展经济学和技术经济学的理论工具深化关于制造业“智改数转网联”关键技术创新供给与实体经济高质量发展的理论分析框架,并基于大数据和机器学习技术更新测度方法和指标体系,从地区、行业乃至微观企业层面展开更加翔实的实证研究工作。

参考文献

[1] PEREZ C. Technological revolutions and financial capital: The dynamics of bubbles and golden ages[M]. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2003: 8.

[2] MARKUS M L, SILVER M S. A foundation for the study of it effects: A new look at DeSanctis and Poole's concepts of structural features and spirit[J]. Journal of the Association for Information Systems, 2008, 9(10): 609-632.

[3] NAMBISAN S, WRIGHT M, FELDMAN M. The digital transformation of innovation and entrepreneurship: Progress, challenges and key themes[J]. Research Policy, 2019, 48(8): 103773.

[4] CHATTERJEE S, MOODY G, LOWRY B P, et al. Information technology and organizational innovation: Harmonious information technology affordance and courage-based actualization[J]. Journal of Strategic Information Systems, 2020, 29(1): 101596.

[5] 洪银兴, 任保平. 数字经济与实体经济深度融合的内涵和途径[J]. 中国工业经济, 2023(2): 5-16.

[6] 姚加权, 张锟澎, 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, 40(2): 101-116, 133, 117-122.

[7] 沈坤荣, 乔刚, 林剑威. 智能制造政策与中国企业高质量发展[J]. 数量经济技术经济研究, 2024, 41(2): 5-25.

[8] 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.

[9] 徐斌, 吕波. 工业智能化对企业产能利用率的影响研究——基于制造业上市公司的经验证据[J]. 技术经济, 2024, 43(9): 126-140.

[10] 王国红, 岳翔宇, 黄昊. 数字化转型如何影响组织韧性——一个有调节的中介效应模型[J]. 技术经济, 2024, 43(1): 101-112.

[11] 李秋香, 马草原, 谢磊, 等. 区块链赋能供应链价值创造的机理与策略——质量信息不对称下的经济学分析[J]. 管理世界, 2024, 40(8): 98-122.

[12] 孙新波, 钱雨, 张明超, 等. 大数据驱动企业供应链敏捷性的实现机理研究[J]. 管理世界, 2019, 35(9): 133-151, 200.

[13] 刘海兵, 刘洋, 黄天蔚. 数字技术驱动高端颠覆性创新的过程机理: 探索性案例研究[J]. 管理世界, 2023, 39(7): 63-81, 99, 82.

[14] 张骁, 刘润喆, 吴小龙, 等. 元赋能: 工业互联网平台驱动企业商业模式创新能力构建研究[J]. 管理世界, 2024, 40(7): 26-45, 83, 46.

[15] 王节祥, 陈威如, 龚奕潼, 等. 工业互联网平台构建中如何应对“个性与共性”矛盾?——基于树根互联的案例研究[J]. 管理世界, 2024, 40(1): 155-180.

[16] 张学文, 杜天翔, 尹西明. 工业互联网平台赋能新质生产力的理论逻辑与实现路径: 以河钢集团为例[J]. 技术经济, 2024, 43(11): 14-31.

[17] 毛其淋, 王凯璇. 互联网发展如何优化企业资源配置——基于企业库存调整的视角[J]. 中国工业经济, 2023(8): 137-154.

[18] 刘云, 郭栋, 黄祖广. 我国高档数控机床技术追赶的特征、机制与发展策略——基于复杂产品系统的视角[J]. 管理世界, 2023, 39(3): 140-158.

[19] 黄先海，高亚兴. 数实产业技术融合与企业全要素生产率——基于中国企业专利信息的研究[J]. 中国工业经济，2023(11)：118-136.
[20] 杨瑾，同智文. 颠覆性技术创新何以驱动装备制造企业智能化转型？[J]. 技术经济，2024，43(5)：82-94.
[21] 黄群慧. 论新时期中国实体经济的发展[J]. 中国工业经济，2017(9)：5-24.
[22] 金星晔，左从江，方明月，等. 企业数字化转型的测度难题：基于大语言模型的新方法与新发现[J]. 经济研究，2024，59(3)：34-53.
[23] 蔡跃洲，牛新星. 中国数字经济增加值规模测算及结构分析[J]. 中国社会科学，2021(11)：4-30，204.
[24] 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(9)：137-155.
[25] RUSSELL S，NORVIG P. Artificial intelligence：a modern approach[M]. London：Pearson Education，2021：1-60.
[26] 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，2019，35(7)：60-77，202-203.
[27] 乔非，孔维畅，刘敏，等. 面向智能制造的智能工厂运营管理[J]. 管理世界，2023，39(1)：216-225，239.
[28] CHEN H，CHIANG R H L，STOREY V C. Business intelligence and analytics：From big data to big impact[J]. MIS Quarterly，2012，36(4)：1165-1188.
[29] 杨善林，罗贺，丁帅. 基于云计算的多源信息服务系统研究综述[J]. 管理科学学报，2012，15(5)：83-96.
[30] UNDERWOOD S. Blockchain beyond bitcoin[J]. Communications of the Association for Computing Machinery，2016，59(11)：15-17.
[31] 田秀娟，李睿. 数字技术赋能实体经济转型发展——基于熊彼特内生增长理论的分析框架[J]. 管理世界，2022，38(5)：56-73.
[32] 巴曙松，白海峰，胡文韬. 金融科技创新、企业全要素生产率与经济增长——基于新结构经济学视角[J]. 财经问题研究，2020(1)：46-53.
[33] GOLDFARB A，TUCKER C. Digital economics[J]. Journal of Economic Literature，2019，57(1)：3-43.
[34] 刘洋，董久钰，魏江. 数字创新管理：理论框架与未来研究[J]. 管理世界，2020，36(7)：198-217，219.
[35] 任保平，苗新宇. 新发展阶段物联网赋能经济高质量发展的路径与支持体系研究[J]. 经济与管理评论，2022，38(3)：14-24.
[36] 胡增玺，马述忠. 市场一体化对企业数字创新的影响——兼论数字创新衡量方法[J]. 经济研究，2023，58(6)：155-172.
[37] 吴非，胡慧芷，林慧妍，等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界，2021，37(7)：130-144，10.
[38] 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.
[39] 甄红线，王玺，方红星. 知识产权行政保护与企业数字化转型[J]. 经济研究，2023，58(11)：62-79.
[40] 王小鲁，樊纲，余静文. 中国分省份市场化指数报告 2016[M]. 北京：社会科学文献出版社，2017：59-74.
[41] 郭峰，王靖一，王芳，等. 测度中国数字普惠金融发展：指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊)，2020，19(4)：1401-1418.
[42] HUANG Z K，LI L X，MA G R，et al. Hayek，local information，and commanding heights：Decentralizing state-owned enterprises in China[J]. The American Economic Review，2017，107(8)：2455-2478.
[43] 宋敏，周鹏，司海涛. 金融科技与企业全要素生产率——“赋能”和信贷配给的视角[J]. 中国工业经济，2021(4)：138-155.
[44] 陈雨露. 数字经济与实体经济融合发展的理论探索[J]. 经济研究，2023，58(9)：22-30.

Research on the Innovation Supply Capacity of Manufacturing IDN Key Technologies in the Yangtze River Delta Economic Zone

Ren Baoping，Miao Xinyu

(School of Digital Economics and Management，Nanjing University，Suzhou 215163，China)

Abstract：The intelligent transformation，digital transformation and network connection of the manufacturing industry (referred to as IDN) is the main way to promote the new qualitative change of the real economy and achieve high-quality development，and the focus is to improve the innovation supply capacity of the key technologies of IND in the manufacturing industry. As the manufacturing industry concentrated distribution area and the forefront of transformation development，the IDN key technology innovation supply capacity of manufacturing industry in Yangtze River Delta has an important leading role and demonstration significance. On the basis of defining the manufacturing industry IDN key technologies and their functional composition，using the national industrial and commercial enterprise registration information and patent information to measure and evaluate the innovation supply capacity of the IDN key technologies of the manufacturing industry in the Yangtze River Delta，which is in the forefront of the whole country and Jiangsu Province is the most outstanding. Finally，in order to further enhance the innovation supply capacity of manufacturing IDN key technologies in the Yangtze River Delta，several policy measures are designed. These measures may help the Yangtze River Delta Economic Zone generate both the demonstration effect and the radiation effect，and drive the high-quality deep integration of manufacturing industry and digital economy across the country in the digital era.

Keywords：the Yangtze River Delta；manufacturing industry；the intelligent transformation，digital transformation and network connection (IDN)；digital technology；innovation supply capacity