

7-20-2024

Empowering traditional industries with digital intelligence for transformation and upgrading

Jiyuan ZANG

Center for Strategic Studies, Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China, zangjy@cae.cn

See next page for additional authors

Recommended Citation

ZANG, Jiyuan; JI, Huanyong; and HUANG, Qingxue (2024) "Empowering traditional industries with digital intelligence for transformation and upgrading," *Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version)*: Vol. 39 : Iss. 7 , Article 30.

DOI: <https://doi.org/10.16418/j.issn.1000-3045.20240407004>

Available at: <https://bulletinofcas.researchcommons.org/journal/vol39/iss7/30>

This S&T Innovation Leads Modern Industrial System Construction is brought to you for free and open access by Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version). It has been accepted for inclusion in Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version) by an authorized editor of Bulletin of Chinese Academy of Sciences (Chinese Version). For more information, please contact lcyang@cashq.ac.cn, yjwen@cashq.ac.cn.



Empowering traditional industries with digital intelligence for transformation and upgrading

Abstract

Traditional industries are the basic support and driving force for the high-quality development of the economy. Digital intelligence is an important lever for traditional industries to achieve the transformation of old and new kinetic energy and the leapfrogging of the global value chain. This study firstly deconstructs the rich connotations of digital intelligence from the perspectives of digitalization, networkization, and intelligentization. Secondly, it analyzes the transformation mechanism and various pathways through which digital intelligence impacts traditional industries. Thirdly, it analyzes the barriers faced by traditional industries in the process of adopting digital intelligence technologies. Finally, this study puts forward four policy suggestions, including (1) continuing to implement large-scale technological upgrading projects and effectively reducing the cost of digitalization, networkization, and intelligentization; (2) improving the empowerment platform construction and optimizing the service evaluation systems; (3) breaking through the bottleneck of digital intelligence in key core areas; and (4) establishing a comprehensive talent training mechanism for the forefront of digital intelligence.

Keywords

digital intelligence; digitalization; networkization; intelligentization; traditional industries; transformation and upgrading

Authors

Jiyuan ZANG, Huanyong JI, and Qingxue HUANG

引用格式：臧冀原，季桓永，黄庆学. 数智化赋能传统产业转型升级. 中国科学院院刊, 2024, 39(7): 1183-1190, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240407004.

Zang J Y, Ji H Y, Huang Q X. Empowering traditional industries with digital intelligence for transformation and upgrading. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(7): 1183-1190, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20240407004. (in Chinese)

数智化赋能传统产业转型升级

臧冀原¹ 季桓永^{2*} 黄庆学³

1 中国工程院 战略咨询中心 北京 100088

2 北京信息科技大学 经济管理学院 北京 100192

3 太原理工大学 机械与运载工程学院 太原 030024

摘要 传统产业是经济高质量发展的基本支撑和基本动力，其数智化过程是促进新、旧动能转换和全球价值链跃迁的重要抓手。文章从数字化、网络化、智能化角度解构数智化丰富内涵，在剖析数智化驱动我国传统产业转型升级的机制及路径基础上，分析了当前传统产业数智化进程所面临的障碍。文章最后从（1）继续实施大规模技术升级工程，切实降低数智化改造成本；（2）完善赋能平台建设，优化服务评价体系；（3）打通数智化改造堵点，关键核心领域形成突破；（4）建立面向数智化前沿的复合型人才培养机制4个方面提出了数智化赋能传统产业转型升级的对策建议。

关键词 数智化，数字化，网络化，智能化，传统产业，转型升级

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20240407004

CSTR 32128.14.CASbulletin.20240407004

习近平总书记在中共中央政治局第十一次集体学习时强调，要及时将科技创新成果应用到具体产业和产业链上，改造提升传统产业，培育壮大新兴产业，布局建设未来产业，完善现代化产业体系。传统产业不是低端产业和夕阳产业，传统产业更不意味着过剩产能，传统产业是经济高质量发展的基本支撑和基本

动力，况且我国工业体系量大面广、基础广泛，是世界上唯一全工业门类国家^[1]。但值得警惕的是，我国传统产业结构性问题依然严重，在全球产业链、供应链本土化和周边化背景下，从中低端市场向中高端跨越势在必行。

以人工智能（AI）为代表的新一代信息技术的广

*通信作者

资助项目：国家自然科学基金项目（72102020），中国工程院品牌咨询项目（2023-PP-01），大规模个性化定制系统与技术全国重点实验室开放课题（H&C-MPC-2023-01-03）

修改稿收到日期：2024年4月26日；预出版日期：2024年5月27日

泛涌现，与我国传统产业转型升级大势相得益彰：一方面，我国丰富的工业体系为数字技术、网络技术和智能技术提供了丰富的应用场景；另一方面，传统产业的数智化是其实现新、旧动能转换和全球价值链跃迁的重要抓手。在近年来的产业发展实践中，我国传统产业的数智化改造一直是新型工业化建设的重点工程和主攻方向^[2]。在“十四五”时期和未来中长期发展中，需要进一步发挥数智化核心优势，消除数字技术、网络技术和智能技术的开发和应用壁垒，持续推动传统产业高质量发展。为此，本文从解析数智化内涵出发，在分析数智化赋能传统产业转型升级的机制、路径及所面临障碍的基础上，提出对策建议。

1 数智化内涵解析

数智化内涵丰富，既包含以数字化、网络化、智能化为代表的不同技术范式的迭代演进^[3,4]，也包含这些新兴技术在产业系统中的广泛扩散和应用过程^[5]。

1.1 数字化内涵及产业应用

数字化是指以计算机数字控制为代表的数字技术在传感检测等动力装置的支持下将生产服务流程进行数字表达^[6]。数字化是信息系统关联物理系统的过程，一方面需要将不同来源、不同格式、不同语义的多源异构数据进行标准化统一，从而实现数据资源的互通互联；另一方面也需要将生产端和运营端的数据进行集成，从而便于业务间的协同管理和可视化呈现^[7]。

在数字技术的产业应用方面，我国已经从试点示范过渡到大规模推广应用阶段^[8]。例如，在浙江、广东、江苏、福建等地富有成效地推广“机器换人”“数字化改造”等工程示范下，一大批传统产业企业已经在设计、生产、营运、服务等流程应用了数控系统和数字化装备。但总体来说，我国传统产业基数庞大，数字化普及率还不高，特别是广大中小企业缺乏能力，也缺乏动力进行数字化转型。

1.2 网络化内涵及产业应用

网络化是在数字化基础上，依托以物联网、云计算、大数据为代表的网络技术实现产品间、产线间、装备间、组织间的信息联通^[6,7]。网络化过程通过打通组织间的“信息孤岛”，将企业生产资源和服务能力平台化，从而更大范围、更高效、更精准的优化资源配置，进而提升产业链、供应链协同。网络化过程有助于催生新业态、新模式，并实现节能环保、智能物流、联网车间、敏捷制造、远程运维、大规模个性化定制，以及全生命周期质量追溯等多个生产服务目标。

网络技术在我国传统产业中的应用处在以实现大规模扩散为目标的商业性示范应用阶段，未来市场前景广阔^[8]。继国务院发布《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》后，北京、江苏、山东、浙江、广东等多地相继出台扶持配套政策，并依托试点示范工程，培育汇聚了一批工业互联网平台企业。目前，全国重点工业互联网平台已达32家^[9]，覆盖能源、装备、材料等多个传统领域。这些平台企业既有来自传统工业龙头的孵化。例如，由海尔集团自身孵化打造的专注大规模个性化定制服务的卡奥斯（COSMOPlat）工业互联网平台；也有来自传统软件商的工业云转型，如用友精智工业互联网平台；还有来自互联网企业向先进制造的延伸，如阿里云supET工业互联网平台。根据2021年工业和信息化部印发的《“十四五”信息化和工业化深度融合发展规划》，我国工业互联网产业渗透率在“十四五”时期将呈快速增长态势。

1.3 智能化内涵及产业应用

智能化是在数字化、网络化基础上，依托以新一代人工智能为代表的智能技术赋予制造和服务系统“自学习”（self-learning）的能力^[10]。与传统的基于确定性逻辑在静态环境中使用的数字系统不同，智能化过程可以通过对工艺、产品、服务产生的多源异构数

据进行广泛且实时的归纳、识别和分析并自主解决新老问题。智能化所赋予的感知、认知和解决问题的能力可以应用于大多数制造和服务场景，这将释放人类创新潜能并极大促进生产力^[11]。

智能技术在我国传统产业中的应用还处于早期示范应用阶段。一方面，我国人工智能芯片市场保持高速发展，其中图形处理器（GPU）和现场可编程门阵列（FPGA）市场已经被英伟达、英特尔等国际巨头所垄断，专用集成电路（ASIC）市场还存在较大竞争空间。另一方面，新一代人工智能正逐渐在预测性维护、质量检测、生产计划等多个作业场景下得到深度应用，并将广泛渗透到通信装备、汽车、能源、机械等传统领域。目前，我国已有超过3 000家人工智能企业，位列世界第2位，在智能芯片、基础架构、操作系统、工具链、基础网络、智能终端、深度学习平台、大模型等多个领域开展创新活动，具有一定的国际竞争力，产业规模超过4 000亿元，初具集群化态势^[12]。预计到2035年，我国规模以上工业企业将普遍实现智能化转型升级^[13]。

2 数智化赋能传统产业转型升级的机制与路径

技术驱动创新（technology-driven innovation）是数字技术、网络技术和智能技术驱动传统产业转型升级的主要理论模式和核心机制，这一过程结合我国传统产业发展基础，衍生出以“并行推进、融合发展”为主要特征的多种实践路径。

2.1 数智化驱动传统产业创新发展

（1）数智化可以支持以数据为基础的产业模式创新^[13]。如前所述，网络化过程不仅可以打破企业内部“信息孤岛”，减少企业与企业、企业与个体消费者间的沟通成本和沟通距离，还可以重塑产业链、供应链分工协作模式，为服务业向制造业延伸及制造业向服务业转型奠定基础，并逐渐形成共享制造、柔性制

造、远程服务、质量溯源，以及大规模个性化定制等多种以创新为导向、以市场客户为中心的新业态、新模式。当前，百度、阿里、网易等平台型互联网企业依托新一代信息技术优势向传统制造领域渗透是数智化驱动下产业模式创新的具体体现。

（2）数智化可以支持产品创新^[14]。数智化不仅可以提升现有产品质量和功能，还能够帮助企业开发新产品进入新领域。① 数字技术、网络技术和智能技术作为共性使能技术，可以通过嵌入操作系统等方式，应用在不同领域、不同行业中，实现产品从低端到高端的迈进，如智能手机、智能汽车、智能家电等。② 数智化相关技术也可以通过加速和扩展知识的创造过程，提升企业新产品开发能力。一方面，深度学习和计算机视觉等人工智能关键技术的应用可以极大提高信息检索和数据处理效率^[14]。以往技术变革的早期迹象往往需要通过大量专利或科技文献的查阅并结合专家经验进行判断，而人工智能技术可以在数秒内完成对新兴技术主题的辨别^[10]。另一方面，数智化相关技术还可以通过采集、处理、分析和整合多源异构数据扩大知识检索范围，提高不同知识节点重组的几率^[15]。例如，特斯拉利用基于驾驶行为的用户画像进入车险市场，生物制药领域通过神经网络方法进行化合物识别和发现新的工业材料^[11]。

（3）数智化可以支持生产工艺创新。① 数字技术、网络技术和智能技术的综合使用可以模拟复杂工艺过程，并通过深度学习和优化算法找到最佳的工艺参数组合，从而提高生产效率和产品质量。例如，数字孪生技术可以极大降低试验、检测、生产的试错成本，并显著减少新产品开发周期。② 数智化可以强化企业对海量生产数据的分析能力，发现隐藏的规律和趋势，帮助预测潜在的问题并提前采取措施进行调整。例如，人工智能不仅可以用于识别工艺或产品缺陷，并实施预测性维护，还可以应用在数字安全领域检测互联网系统漏洞。此外，数智化还可以实现生产

服务过程的自动化和智能控制，根据实时数据动态调整工艺参数，以适应不同情况下的生产需求。

2.2 我国传统产业数智化改造主要路径

从20世纪50年代开始，西方发达国家便开始进行传统产业的数智化改造，先后经历了漫长的从数字化到网络化并面向智能化的串联式发展过程。例如，德国“工业4.0”战略强调在其扎实的数字化工业基础上进行网络化升级。但是这种串联式发展路径并不适用于我国：一方面，新一代人工智能技术的出现为我国实现技术赶超打开了机会窗口；另一方面，我国传统产业由于行业间、区域间、企业间基础差异显著，如果按照西方串联式发展路径，可能错失产业赶超机会。因此，我国不能完全照搬西方发展路线。目前，在各级政府自上而下地推进数智化改造实践中，逐渐摸索形成了以“并行推进、融合发展”为特征的多种数智化改造路径，为其他后发国家在传统产业领域的快速追赶提供了宝贵的经验^[5,16]。

第一类路径：遵循西方的串联式改造路线。改革开放以来，少数领先企业在国际合作和竞争过程中积极引入先进装备和技术、积极布局数智化改造。典型案例如，三一重工股份有限公司在夯实数字化建设基础上，建立全球统一架构的运营管理系统，并将虚拟现实、数字仿真等技术应用在全球协同设计、研发和生产过程，以此实现网络化升级，并在新一代人工智能快速发展大背景下，积极利用车联网技术实现远程维护。

第二类路径：传统产业企业根据自身发展需求并行推进数字化和网络化改造，以抓住智能化机遇。这类企业基数庞大，在没有数字化基础或仅有薄弱的数字化、网络化基础的前提下，同时进行数字化和网络化改造。例如，新疆金风科技股份有限公司作为我国最早从事风电机组研发与制造的企业，在成立伊始便以数字化、网络化为导向不断优化管理、研发和生产系统，逐步建立了数字化风电场整体解决方案。需要

指出的是，在实践中，少数企业如浙江春风动力股份有限公司并没有遵循传统的从数字化到网络化的升级路线，而是先行网络化改造，然后“以高打低”式地补齐数字化短板。

第三类路径：外部利益相关者驱动下的数智化升级。相关利益相关者既包括系统解决方案供应商，也包括链主企业、公共服务平台及产业园区等^[17]。例如，浙江陀曼精密机械有限公司作为轴承行业系统解决方案供应商，服务于多家中小企业的数字化生产线改造和工业上云。这些外部驱动因素的背后体现了当前我国各级政府依靠多元主体，以市场化方式推动产业创新发展的政策思路。典型案例如浙江省政府通过积极引导、分类和认证系统解决方案供应商，并结合推动金融机构工具创新及媒体宣传培训等方式，在面向广大中小企业推广“机器换人”过程中取得了显著成效^[18]。

3 数智化赋能传统产业转型升级面临的障碍与挑战

目前，我国传统产业数智化改造成效显著，示范工厂、标杆工厂和灯塔工厂建设稳步推进，世界级先进制造企业不断涌现^[13]。但就总体而言，我国传统产业数智化程度仍然偏低。广大传统产业企业，尤其是中小企业，在数智化改造过程中仍面临多种障碍。

3.1 数智化改造经济成本高

传统产业企业的数智化改造不仅涉及软硬件采购、设备升级、员工技能提升以及组织结构调整，还需要考虑新技术、新装备的稳定性及其与当前生产服务系统的适配性。因此，对于大多数传统产业企业而言，数智化是一项高门槛、高投入、长周期且存在一定不确定性的复杂系统工程。尽管当前各级政府部门对数智化改造项目，如“机器换人”“企业上云”等给予综合奖补等多种形式的资金支持，但多数传统产业企业受自身利润限制，实质性投入仍十分有限，且

通常只做局部调整，难以发挥数智化整体效益，这会使其被动锁定在既有技术范式体系内，难以实现生产效率和生产质量的跃迁。

3.2 产业配套支撑有待完善

广大传统产业企业，特别是中小企业数字化基础薄弱，生产服务数据采集率低，产业链供应链协同难，难以依靠自身能力进行数智化改造，严重依赖系统解决方案供应商、行业龙头、公共服务平台等外部利益相关者的赋能。虽然我国目前已探索出由市场主体驱动的传统产业数智化改造路径，但产业共性技术研发支撑不足、系统解决方案服务水平低、公共服务平台及产业联盟带动性不强等问题依然普遍；市场上可供采纳的数字化、网络化、智能化解决方案通常仅具通用性，无法满足细分行业、特定企业的个性化需求，这会进一步产生传统产业数智化改造过程中面向产业共性技术的二次开发成本。

3.3 关键核心技术亟待攻克

我国产业基础不牢，一些关键技术严重依赖国外进口。例如，在人工智能芯片领域，美国、德国、日本和韩国在芯片设备、芯片材料和芯片设计市场具有垄断统治地位。虽然我国已经开始在专用芯片领域开始布局，但仍主要沿用国外算法架构设计。此外，主要工业设计软件和制造执行系统（MES）也被国际厂商所垄断。这种缺陷一方面提高了传统产业数智化改造成本，另一方面也加剧了产业链供应链自主可控风险。其背后原因在于，我国企业长期以来研发强度低于国际同行，难以在高研发强度技术领域同外国同行形成竞争态势。这也进一步导致了我国芯片、工业软件等关键核心领域的创新生态不完整，特别是在标准制定方面缺乏话语权。

3.4 复合专业人才供给不足

传统产业数智化需要大量兼具技术开发和传统产业知识的复合型人才支撑。一方面，我国目前专业人才供给总量不足。尽管随着我国教育体系的不断优

化，相关领域人才供给量明显增加，但在新一代信息技术、集成电路、高端装备等数智化关键领域，领军人才和创新型人才的供需矛盾问题仍然存在。另一方面，人才分布结构失衡问题也同样明显。我国在新一代人工智能等数智化前沿领域的领军人才和创新型人才主要集中在平台型互联网企业，具有传统产业背景，能够支撑数智化在不同传统领域延伸的复合型人才缺乏。其背后原因可能在于，我国高校面向数智化前沿领域的人才培养体系还未成熟，理论知识未能与实践需求同频对接，产教融合生态体系尚未充分覆盖广大高校和各类实体企业。

4 数智化赋能传统产业转型升级的对策建议

传统产业数智化改造是数字经济和实体经济融通发展的桥梁，也是新时期我国社会经济高质量发展的必然选择。因此在未来工作中，要进一步凝聚社会共识，坚定传统产业基础广泛转型升级的信心和决心，同时也要继续发挥制度优势，积极引导市场力量加快推进传统产业数智化改造广度和深度。

4.1 继续实施大规模技术升级工程，切实降低数智化改造成本

“十四五”时期是我国全面推进传统产业数智化改造升级的关键阶段，要坚持围绕传统产业发展需求，以普及数字化网络化、夯实智能化基础为总体目标，继续实施大规模技术改造工程。^① 依托《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》，以政府技术改造专用资金带动市场大规模投入。建议采用多种市场化政策工具，鼓励链主企业、系统解决方案供应商、金融机构积极参与数智化改造工程，鼓励融资租赁、供应链金融等多种形式的金融创新，切实降低广大企业技术改造成本。^② 加强示范宣传推广，由政府部门牵头，围绕数智化改造典型案例积极召开现场推广会，让广大传统产业企业切实感受数智化改造方式和整体效益，降低信息不对称。^③ 要积极搭建应用

场景，利用政府引导基金积极推动新技术新产品的迭代和新业态新模式的示范应用，持续打造有韧性的新兴产业体系。

4.2 完善赋能平台建设，优化服务评价体系

① 要围绕大规模技术升级工程总体目标，提前布局智能化改造，形成从算力到技术到应用的一体化服务支撑体系。同时也要加强人工智能芯片、系统集成、软硬件等不同领域机构合作，培育针对各细分领域的系统解决方案供应商。② 要充分发挥行业协会、产业联盟、系统解决方案供应商等各类赋能平台的枢纽作用，通过引入科学方法持续完善对等各类赋能平台的评价体系和激励机制，大力精简整合低效平台。③ 积极探索各类赋能平台的市场化运营手段，以市场机制提升运营效率。④ 通过试点示范等方式，鼓励传统产业龙头企业、平台型互联网企业等各类市场主体向系统解决方案供应商转型，增加对各类细分传统行业数智化赋能覆盖度，为广大中小企业提供定制化转型方案。

4.3 打通数智化改造堵点，关键核心领域形成突破

① 要以做优做强优势产业为目标，以产业未来应用为导向，利用各领域全国重点实验室平台和政府引导基金，鼓励高校、科研机构、“专精特新”中小企业等多个科技、市场主体协同攻关各细分领域共性技术问题，加快前沿科技成果转化，疏通传统产业数智化改造在产业链、供应链、创新链中的堵点。② 要以补足产业短板、夯实产业基础为目标，通过设立一系列国家重大科技专项等形式，加大对人工智能芯片等关键领域的重点难点问题攻关，同时也应加强对数智化前沿有关的基础科学问题进行探索，不断加强原始创新。

4.4 建立面向数智化前沿的复合型人才培养机制

以新一代人工智能为代表的数智化前沿不仅是新工科建设的核心构成，也是新文科建设的重要牵引。培养具有跨学科交叉背景的复合型专业人才是支撑传

统产业数智化改造的重要支撑。当前，我国高等教育体系已经在学科设置上先行先试，一些高校已经结合自身优势学科基础设立多种智能类专业。建议在“十四五”时期，要进一步普及人工智能、集成电路等数智化前沿领域教育，实现全学段覆盖；逐步完善多学科协同育人模式，优化高校教师激励机制；积极建设产教融合体系，在产业层面形成并持续更新对未来各类数智化前沿领域人才的需求描述，与教育体系形成良好闭环；发挥行业龙头带动作用，搭建产教对接平台，不断丰富数智化前沿应用场景。此外，还要加强各层次人才合作交流机制，始终坚持高水平对外开放。

参考文献

- 1 周济. 提升制造业产业链水平 加快建设现代产业体系. 中国工业和信息化, 2019, (12): 38-41.
Zhou J. Improve the level of manufacturing industry chain and accelerate the construction of modern industrial system. China Industry & Information Technology, 2019, (12): 38-41. (in Chinese)
- 2 周济. 全力推动传统制造业优化升级 坚定不移建设制造强国. 中国工业和信息化, 2020, (Z1): 30-33.
Zhou J. Fully promote the optimization and upgrading of traditional manufacturing industry and unswervingly build a manufacturing power. China Industry & Information Technology, 2020, (Z1): 30-33. (in Chinese)
- 3 Zhou J, Zhou Y H, Wang B C, et al. Human-cyber-physical systems (HCPSs) in the context of new-generation intelligent manufacturing. Engineering, 2019, 5(4): 624-636.
- 4 Zhou J, Li P G, Zhou Y H, et al. Toward new-generation intelligent manufacturing. Engineering, 2018, 4(1): 11-20.
- 5 Zhou Y, Zang J Y, Miao Z Z, et al. Upgrading pathways of intelligent manufacturing in China: Transitioning across technological paradigms. Engineering, 2019, 5(4): 691-701.
- 6 王柏村, 臧冀原, 屈贤明, 等. 基于人—信息—物理系统 (HCPS) 的新一代智能制造研究. 中国工程科学, 2018, 20 (4): 29-34.

- Wang B C, Zang J Y, Qu X M, et al. Research on New-Generation Intelligent Manufacturing based on Human-Cyber-Physical Systems. *Strategic Study of CAE*, 2018, 20(4): 29-34. (in Chinese)
- 7 孟柳, 延建林, 董景辰, 等. 智能制造总体架构探析. *中国工程科学*, 2018, 20(4): 23-28.
- Meng L, Yan J L, Dong J C, et al. Research on the general architecture of intelligent manufacturing. *Strategic Study of CAE*, 2018, 20(4): 23-28. (in Chinese)
- 8 臧冀原, 王柏村, 孟柳, 等. 智能制造的三个基本范式: 从数字化制造、“互联网+”制造到新一代智能制造. *中国工程科学*, 2018, 20(4): 13-18.
- Zang J Y, Wang B C, Meng L, et al. Brief analysis on three basic paradigms of intelligent manufacturing. *Strategic Study of CAE*, 2018, 20(4): 13-18. (in Chinese)
- 9 国家工业信息安全发展研究中心. 2022工业互联网平台发展指数报告. 北京: 国家工业信息安全发展研究中心, 2022.
- China Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team. 2022 Industrial Internet Platform Development Index. Beijing: CIC, 2022. (in Chinese)
- 10 Brem A, Giones F, Werle M. The AI digital revolution in innovation: A conceptual framework of artificial intelligence technologies for the management of innovation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2021, 70(2): 770-776.
- 11 Rammer C, Fernández G P, Czarnitzki D. Artificial intelligence and industrial innovation: Evidence from German firm-level data. *Research Policy*, 2022, 51(7): 104555.
- 12 中国新一代人工发展战略研究院. 中国新一代人工智能科技产业发展报告2023: 建设具有全球竞争力的人工智能产业集群. 天津: 中国新一代人工发展战略研究院, 2023.
- Chinese Institute of New Generation Artificial Intelligence Development Strategies. *China's New Generation Artificial Intelligence Technology Industry Development Report 2023: Building the Artificial Intelligence Industry Clusters with Global Competitiveness*. Tianjin: CINGAI, 2023. (in Chinese)
- 13 周济. 以智能制造为主攻方向推进新型工业化. *中国工业和信息化*, 2023, (11): 40-44.
- Zhou J. Promoting new industrialization with intelligent manufacturing as the main direction. *China Industry & Information Technology*, 2023, (11): 40-44. (in Chinese)
- 14 Liu J, Chang H H, Forrest J Y L, et al. Influence of artificial intelligence on technological innovation: Evidence from the panel data of China's manufacturing sectors. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 158: 120142.
- 15 Grashof N, Kopka A. Artificial intelligence and radical innovation: An opportunity for all companies?. *Small Business Economics*, 2023, 61(2): 771-797.
- 16 古依莎娜, 董景辰, 臧冀原, 等. 并行推进、融合发展——新一代智能制造技术路线. *中国工程科学*, 2018, 20(4): 19-22.
- Gu Y, Dong J C, Zang J Y, et al. Parallel promotion and integrated development: A technology roadmap for promoting new-generation intelligent manufacturing. *Strategic Study of CAE*, 2018, 20(4): 19-22. (in Chinese)
- 17 王柏村, 朱凯凌, 薛源, 等. 我国中小企业数字化转型的模式与对策. *中国机械工程*, 2023, 34(14): 1756-1763.
- Wang B C, Zhu K L, Xue Y, et al. Digital transformation mode and strategy of SMEs in China. *China Mechanical Engineering*, 2023, 34(14): 1756-1763. (in Chinese)
- 18 季桓永, 周源. 浙江省制造业技术改造智能升级的经验与启示. *中国工程科学*, 2018, 20(4): 122-126.
- Ji H Y, Zhou Y. Policy-related inspirations from technological transformation and intelligence upgrading of manufacturing in Zhejiang Province. *Strategic Study of CAE*, 2018, 20(4): 122-126. (in Chinese)

Empowering traditional industries with digital intelligence for transformation and upgrading

ZANG Jiyuan¹ JI Huanyong^{2*} HUANG Qingxue³

(1 Center for Strategic Studies, Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China;

2 School of Economics & Management, Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China;

3 College of Mechanical and Vehicle Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract Traditional industries are the basic support and driving force for the high-quality development of the economy. Digital intelligence is an important lever for traditional industries to achieve the transformation of old and new kinetic energy and the leapfrogging of the global value chain. This study firstly deconstructs the rich connotations of digital intelligence from the perspectives of digitalization, networkization, and intelligentization. Secondly, it analyzes the transformation mechanism and various pathways through which digital intelligence impacts traditional industries. Thirdly, it analyzes the barriers faced by traditional industries in the process of adopting digital intelligence technologies. Finally, this study puts forward four policy suggestions, including (1) continuing to implement large-scale technological upgrading projects and effectively reducing the cost of digitalization, networkization, and intelligentization; (2) improving the empowerment platform construction and optimizing the service evaluation systems; (3) breaking through the bottleneck of digital intelligence in key core areas; and (4) establishing a comprehensive talent training mechanism for the forefront of digital intelligence.

Keywords digital intelligence, digitalization, networkization, intelligentization, traditional industries, transformation and upgrading

臧冀原 中国工程院战略咨询中心制造业研究室副主任, 副研究员。主要研究领域: 智能制造、产业基础和产业集群等。

E-mail: zangjy@cae.cn

ZANG Jiyuan Associate Professor and Deputy Director of Manufacturing Research Office of Center for Strategic Studies, Chinese Academy of Engineering (CAE). His research focuses on intelligent manufacturing, industrial foundation and industrial clusters, etc.

E-mail: zangjy@cae.cn

季恒永 北京信息科技大学经济管理学院副教授。主要研究领域: 技术驱动创新、新兴技术扩散、可持续发展治理等。

E-mail: jihuanyong@bistu.edu.cn

JI Huanyong Associate Professor at the School of Economics & Management, Beijing Information Science & Technology University. His research focuses on technology-driven innovation, emerging technology diffusion, sustainable development governance, etc. E-mail: jihuanyong@bistu.edu.cn

■责任编辑: 张帆

*Corresponding author