

制造业数字化转型困境及破解路径

——“灯塔工厂”的例证

谭志雄^{1,2} 穆思颖¹

(1. 重庆大学 公共管理学院, 重庆 400044;

2. 重庆大学 区域经济与科教战略研究中心, 重庆 400044)

摘要:制造业数字化转型是中国实现经济高质量发展和制造强国建设的重要一环。身处新一轮科技革命和产业变革之中,中国制造业“大而不强、全而不优”的矛盾日益凸显,“卡脖子”“掉链子”风险并存。作为“数字化制造”和“全球化4.0”的示范者,“灯塔工厂”已成为未来智造之路的新趋势和风向标,展现了如何运用前瞻性思维在数字化转型中实现降本增效、规模化扩展和绿色可持续发展等新的价值创造,对引领中国制造业数字化变革具有重要作用。立足中国制造业数字化转型的现实困境,深入剖析“灯塔工厂”在数字化转型中的卓越创新实践,总结制造业数字化转型的现实路径并提出相应的政策建议。研究发现,目前数字化转型认知存在偏差,转型目标模糊;数字技术攻关薄弱,全流程场景落地不足;需求导向缺失,创新转型滞后;组织变革滞后,数字化人才短缺;协同联动不足,中小企业转型乏力等问题;据此,梳理出战略制定、价值链重构、商业模式创新、员工组织变革、产业生态打造五条现实路径,提出充分释放“灯塔效应”、全面加速数字技术扩散、打造多元协同数字化联盟以及强化制造业数字化转型政策支持等策略建议,为中国制造业企业数字化转型升级提供借鉴指导,以期推动中国“制造”向中国“智造”转变。

关键词:制造业;数字化转型;“灯塔工厂”;智能制造

中图分类号:F424

文献标识码:A

文章编号:1673-0429(2026)04-0081-11

DOI:10.19742/j.cnki.50-1164/C.260408

制造业是立国之本、强国之基和国民经济命脉所系。《“十四五”智能制造发展规划》提出,“加快构建智能制造发展生态,持续推进制造业数字化转型、网络化协同、智能化变革”^[1]。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》(以下简称“十五五”规划纲要)进一步提出,“深入推进数字中国建设,提升数智化发展水平”^[2],可见重视制造业发展,加快推进制造业数字化转型升级,事关中国制造强国建设和经济高质量发展,是振兴实体经济和实现制造业国际竞争力提升的关键^[3]。自改革开放以来,我国制造业发展成效斐然,产业增加值连续十二年位居全球第一,构建起体系完备、门类齐全且自主可控的现代化工业体系。数字化转型成为制造业革新发展的核心驱动力,正深刻重塑行业研发范式、运营逻辑、商业形态与服务体系,成为推动实体经济提质增效的必然发展趋势。发达国家率先抢占智能制造发展先机,推动制造业转型升级,如德国最先提出“工业4.0”概念^[4]、美国国防部牵头成立“数字制造与设计创新中心”^[5]、日本积极部署“工业价值链”战略^[6]。中国制造业主动顺应数字化大势,探

收稿日期:2026-05-23

作者简介:谭志雄,男,管理学博士,重庆大学公共管理学院教授、博士研究生导师,主要研究方向:产业经济及政策;

穆思颖,女,重庆大学公共管理学院博士研究生,主要研究方向:产业经济及政策。

基金项目:重庆市哲学社会科学创新工程重大项目“先进优质生产力要素顺畅流动研究”(2025CXZD01)。

索智能制造示范工厂建设路径。然而,中国智能制造示范建设取得显著成效的同时,多数制造业企业仍无法适应制造强国建设和高质量发展的现实要求。探寻新时期中国制造业数字化转型的有效路径亟待深入研究。

2018年,世界经济论坛联合麦肯锡共同发起“全球灯塔网络”倡议,其核心目标是助力制造业实现大规模数字化转型。随着该倡议的持续推进,一批“灯塔工厂”逐步崛起,这类工厂在运用第四次工业革命相关技术,推动企业生产网络优化、端到端价值链重构及商业模式创新等方面表现出突出的引领作用,成为“数字化制造”与“工业4.0”的标杆典范^[7]。“灯塔工厂”是指规模化应用第四次工业革命技术的生产基地或制造厂区。在我国制造业转型进程中,“灯塔工厂”数量的持续增长,对推动中国“制造”向中国“智造”跨越具有重要助推作用,已成为助力制造业数字化转型、推进制造强国建设的关键支撑。基于此,本文结合制造业数字化转型的现实瓶颈,系统探析全球智能制造背景下“灯塔工厂”数字化转型的成功经验,从多维度提炼其转型的可行路径,并针对性提出推动制造业数字化转型、实现高质量发展的策略建议。

一、文献综述

涉及制造业数字化转型的研究主要围绕驱动力、价值创造、实现路径及困境等展开。

(一) 数字化转型驱动力研究

从外部层面来看,制度政策、行业环境与区域基础设施构成重要驱动来源,数据确权等制度政策能够通过多重传导机制助推企业数字化变革^[8];区域发展差异也使得数字化转型驱动要素呈现明显地域异质性,基础设施建设深刻影响转型推进成效^[9]。从内部维度而言,技术迭代升级、组织架构调整、研发创新投入与管理者认知理念,是驱动企业开展数字化转型的核心内生动力,企业规模、经营状况等自身条件同样影响转型成效^[10]。技术、组织与环境要素在转型不同阶段发挥差异化驱动作用^[11]。与此同时,数字技术不仅推动企业组织形态重塑,领军企业的数字化转型还能进一步带动产业联盟协同发展^[12-13]。

(二) 数字化转型价值创造研究

主要围绕整体效益、经济效益、社会效益等展开。张鹏等从管理模式、组织架构、生产过程和服务模式四个维度测度制造业企业数字化转型整体水平^[14]。部分学者借助核心经营指标证实数字化转型能够有效优化企业经营状态,显著提升整体经济发展效益^[15-16]。或从产业层面出发,认为数字技术推动了产业链供应链价值链深刻变革^[17-18]。还有学者围绕制造业企业数字化转型与低碳发展进行研究,认为数字化转型促使企业创新要素重组,显著提高企业绿色技术创新水平和环境绩效^[19-20],而管理机制完善、生产方式改进、外部关系改善、服务意识提升等是数字化转型增强企业社会责任履行意愿和能力的重要机制^[21]。

(三) 立足多元化视角的实践路径研究

陈晓颖等从能力重构维度,提出依托适应、学习与创新能力重塑推进转型^[22];Hanelt等立足组织变革视角,明确技术迭代、协同演化等转型变革思路^[23]。武常岐等划分出局部、平台至生态数字化的递进转型阶段^[24],Klos等则从商业模式层面搭建起价值全链条转型框架^[25]。孔存玉等基于战略视角,强调动态能力培育与多方协同对数字生态构建的作用^[26]。此外,王静结合供应链重构背景,指出数实融合、产业链治理优化等是制造业数字化转型的重要实施路径^[27]。

(四) 数字化转型困境研究

成本视角下,企业数字化转型存在明显的成本粘性,持续投入易出现效益回落,不同经营主体转型

压力存在显著差异^[28]。认知与组织层面,转型过程中普遍存在能力、治理等多重矛盾困境,高管认知思维与固有组织惯性会阻碍转型推进^[29-30]。从价值效益来看,数字化转型对经营困境企业兼具消极与积极双重影响,短期易增加经营压力,长期则能够激发创新活力^[31]。与此同时,技术适配不足、协同机制缺失等问题,也极易造成数字赋能实效弱化,制约数字化转型稳步落地^[32]。加快推进数字化转型是制造业实现高质量发展的必然选择。已有研究围绕驱动因素、影响因素及实践路径等方面展开探索,为制造业数字化转型指明了方向,为理解这一进程提供了重要基础,但仍存在理论框架整合不足、标杆经验与一般企业之间迁移逻辑说明不充分、对企业异质性和转型阶段性的讨论不够深入等问题。中国制造业数字化转型仍面临短板和制约,大部分企业还处于“摸着石头过河”的状态,亟须数字化转型实践提供指导。“灯塔工厂”作为全球“数字化制造”示范者,致力于利用第四次工业革命技术提高运营绩效和环境可持续性,在制造业数字化转型领域展现出示范效应。当前,随着中国制造业加速数字化转型,“灯塔工厂”已成为未来智造之路的新趋势和风向标,本文系统剖析其数字化转型成功经验,为中国制造业企业数字化转型升级提供借鉴指导。

制造业数字化转型不是单纯的设备更新或信息系统建设,而是由技术、组织、环境共同驱动的系统性变革。TOE 框架表明,企业转型既受到数字技术成熟度、数据基础设施和应用场景等技术因素影响,也受到组织结构、管理认知、人才储备和治理机制等组织因素制约,还受到产业政策、市场竞争、供应链协同和区域数字生态等环境因素牵引。从动态能力理论看,制造业企业数字化转型的核心在于持续完成三类能力提升:一是识别能力,即识别客户需求变化、技术演进趋势和产业链风险;二是整合能力,即整合数据、设备、流程、人才和外部伙伴资源;三是重构能力,即围绕新的价值创造方式调整组织架构、业务流程和商业模式。从价值链理论看,数字技术嵌入研发设计、采购供应、生产制造、物流配送、营销服务和售后反馈等端到端环节,形成价值增值。制造业企业应以数据流贯通带动物质流、资金流和信息流协同,通过智能研发、柔性生产、数字供应链和服务化延伸实现价值链重构。

二、中国制造业数字化转型的现实困境

当前,中国制造业数字化转型正由概念普及向规模化推广演进^[33]，“不愿转”问题初步解决,但“不会转”已成为制约转型进程的关键堵点和卡点。本文结合“灯塔工厂”数字化转型的成功路径,立足中国制造业发展实际,从理念认知、技术应用、商业模式、组织人才、产业生态五个维度,系统剖析数字化转型面临的现实困境,为后续优化转型策略、破解发展难题提供现实依据,助力制造业高质量发展与制造强国建设。

(一) 数字化转型认知存在偏差,转型目标模糊

部分制造业企业对数字化转型的认知存在偏差,未能将其提升至企业发展战略层面,与“灯塔工厂”明确的“智能制造”战略引领存在差距。一方面,部分企业将数字化简单等同于自动化、信息化,忽视了数字化对生产网络、端到端价值链及商业模式的系统性变革价值,仅聚焦单一环节改造,缺乏渐进式转型思维。另一方面,转型目标模糊不清,多数企业未结合自身业务特点、数字基础和行业竞争环境制定分层分类的转型规划,既未明确短期试点、中期扩展和长期生态协同的阶段目标,也缺少对投入产出、风险控制和组织承载能力的系统评估,导致数字化转型易于停留在项目化、碎片化层面^[34]。

(二) 数字技术攻关薄弱,全流程场景落地不足

相较于“灯塔工厂”先进技术规模化应用的优势,中国制造业企业普遍在数字技术攻关与场景落地方面存在明显短板。一是核心技术自主可控性不足,大数据、人工智能、数字孪生等关键核心技术仍依赖进口,国内企业在技术研发上投入不足,缺乏突破性成果,难以满足全流程数字化转型需求。二是数字化基础设施建设不均衡,中小企业受资金、技术限制,基础设施投入不足,难以搭建完善的数字化应用

平台,而部分大型企业虽有投入,但存在系统碎片化、数据标准不统一等问题,无法实现技术应用的规模化扩展,与“灯塔工厂”全流程数字化场景布局存在显著差距。

(三)需求导向缺失,创新转型滞后

中国制造业商业模式创新滞后,难以适应数字经济时代的市场变化。一是用户需求挖掘精准度不足,多数企业仍沿用传统产品驱动型商业模式,未充分利用大数据、云计算等技术收集分析用户数据,无法精准解码用户真实需求与潜在需求,导致产品研发与市场需求脱节,难以实现产品迭代升级。二是价值共创机制缺失,企业未搭建有效的线上交互平台,缺乏与用户的即时信息交互,用户难以参与企业生产管理与产品制造过程,形成用户需求与产品制造之间的数据壁垒。

(四)组织变革滞后,数字化人才短缺

中国制造业企业普遍在组织架构调整与人才培养方面存在明显短板。一是组织变革滞后,多数企业未根据数字化转型需求调整职位组合,缺乏针对数据安全、软件开发等领域的新型职位设置,传统职位的数据化改造不足;未建立专门的转型治理机制,缺乏明确的责任体系与反馈调整机制,跨职能团队建设滞后,组织行动力与学习能力不足,难以适应数字化转型的敏捷化需求。二是数字化人才供需失衡,既缺乏兼具数字技术与制造业经验的复合型管理人才,也缺乏熟练掌握数字技术应用的技能型人才^[35];企业内部培训体系不完善,未能针对不同岗位员工开展有针对性的数字技能培训,难以推动员工从经验决策向“数据+经验”的科学决策转变。

(五)协同联动不足,中小企业转型乏力

中国制造业数字化转型的产业生态不完善,协同联动效应尚未充分发挥。一是中小企业转型面临多重困境,受资金、技术、人才限制,中小企业数字化基础薄弱,缺乏明确的转型路径与可操作的实践示范,难以开展系统性的数字化改造,部分企业甚至因转型成本过高而望而却步。二是产业协同机制不健全,大中小企业之间缺乏有效的数据共享、技术协作与资源整合机制,“全能冠军”与“单项冠军”协同发展的格局尚未形成,产业链上下游数字化发展不均衡,导致整个产业生态的韧性与活力不足,制约了制造业数字化转型的整体进程。

三、制造业数字化转型的现实路径:以“灯塔工厂”为例

全球“灯塔工厂”针对传统制造业数字化转型所面临的困境,以卓越制造为引领,以数字化能力和组织能力为基础,重点围绕数字化、自动化、智能化等第四次工业革命技术的集成与综合运用,重构生产网络、创新运营系统、打通端到端价值链,实现生产模式、商业模式、组织管理模式与消费者服务模式等全方位变革,以催生新的经济价值。从目前来看,“灯塔工厂”遍布电子、消费品、汽车、机械装备和生物医药等多个行业,在促进制造业企业提质增效、增强产业韧性与活力、推动发展聚势增能方面彰显出强大的“灯塔效应”。从国内典型实践看,海尔青岛中央空调互联工厂较早入选全球“灯塔工厂”,其关键做法并非单纯增加自动化设备,而是依托工业互联网平台将用户需求、研发设计、柔性制造、质量检测和供应链协同连接起来,推动从大规模制造向大规模定制转变。这一实践表明,企业数字化转型首先要建立面向客户价值的端到端数据链条,再以场景为单位推进技术落地,使研发、生产、物流和服务能够围绕订单变化快速响应。美的广州空调“灯塔工厂”则体现了从自动化工厂走向端到端互联价值链的转型逻辑。面对家电行业竞争加剧、订单复杂度提升和电商渠道快速变化,美的通过数据平台、智能排产、供应链协同和生产过程透明化等举措,把数字技术嵌入计划、采购、制造、交付等关键环节。其他企业在学习标杆经验时,应优先选择与自身痛点高度相关的应用场景,先在质量管控、设备维护、库存周转、订单交付等可量化环节取得小范围成功,再逐步复制到更多工厂和业务单元。

制造业数字化转型的现实路径如图 1 所示。

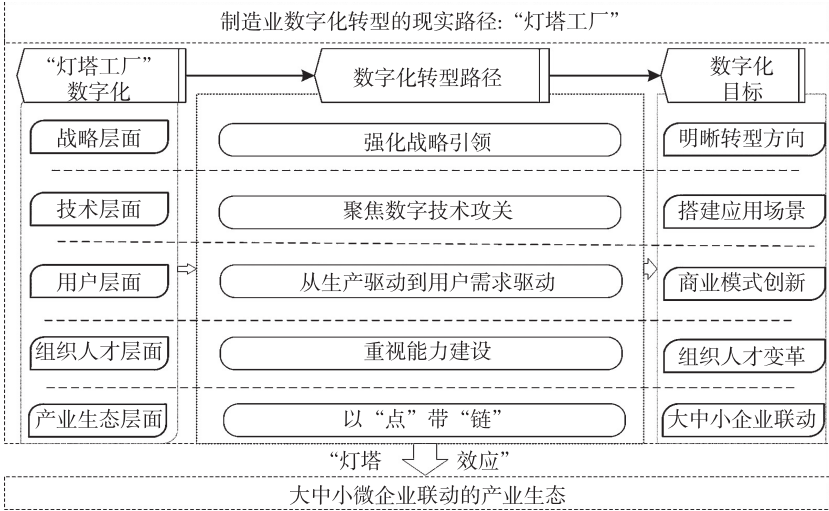


图 1 “灯塔工厂”数字化转型的现实路径

（一）强化战略引领，明晰制造业数字化转型方向

“灯塔工厂”明确将“智能制造”提到企业数字化转型的战略层面，遵循“自动化—数字化—网络化—智能化”的主线，以降本增效减耗为前提，利用数字技术实现企业各环节的精益改善，增强产业韧性与活力，实现以价值创造为导向的有效制造、规模化扩展与低碳可持续发展。具体而言，“灯塔工厂”以“智能制造”战略为引领，大致从以下三个方面进行数字化转型整体规划：

1. 打造数字化能力与组织能力两大能力。从数字化规划能力、数字化技术应用能力、数字化设施建设能力等方面入手，系统形成数字化能力，筑牢企业数字化转型基石；同时，围绕员工知识结构、价值观和企业组织架构、文化、规章制度等强化企业组织能力，助力企业打造“数字化组织”，为企业纵深推进数字化转型提供保障。

2. 抓住三个关键环节。主要包括：运营系统创新、规模化扩展和价值链创新。运营系统创新是数字化转型的起点，为“灯塔工厂”运转提供全新的、可复制的工作方式，使其得以覆盖企业所有员工、资产、业务和生产工厂。在此基础上，依托物联网集成、员工技能重塑、合作平台搭建等技术与人驱动因素，实现“灯塔工厂”规模化扩展。此外，企业致力于打破“数据孤岛”，以组织连接为前提，从“灯塔工厂”出发搭建覆盖研发、采购、生产、物流、供应链到服务等各环节的全价值链信息化支撑平台，打通端到端价值链，进而实现新的价值创造。

3. 体现五种价值创造方式。即：“科技+经验”双轮驱动的“大数据决策”；以问题为导向、自主参与的“科技民主化”；快速推动新技术规模化应用的敏捷工作模式；以客户为中心的新商业模式^[36]；降低工厂部署新技术应用的成本。

（二）聚焦数字技术攻关，创新搭建全流程数字化应用场景

技术先进是“灯塔工厂”最鲜明的特征。在创新实践中，“灯塔工厂”推动大数据、云计算、人工智能等新兴技术在产品研发、生产运行与用户服务等环节的深度渗透，通过对工厂基础设施开展技术创新，全面部署数字技术应用场景。

1. 搭建智能研发体系。将数字孪生应用到产品研发过程中，开展可视化、调试、体验与优化等工作，便于企业快速提升产品实际性能与生产效率。同时，利用数字孪生技术实时获取测试数据的功能，帮助研发团队及时发现并解决问题，构建集产品设计、仿真、测试和改进为一体的智能研发体系，减少企业研发成本，缩短产品研发周期。

2. 搭建智能生产管理体系。“灯塔工厂”充分利用数字技术赋能工厂生产系统性能优化,基于开放、可扩展的物联网架构和平台,实现工厂设备与传感器紧密连接,构建智能生产管理系统。通过系统远程操控实现自动化生产、监测与维护,借助实时获取的信息和数据及时调整工厂生产运行状态,改善生产管理系统,提高企业生产力与管理水平。

3. 构建智能供应链体系。“灯塔工厂”利用产业互联网赋能传统供应链数字化升级,基于互联网平台促进供应商、制造商、经销商与终端用户等多主体关系重构,在供应链层面打造持续连接,其数字化用例贯穿整个供应网络,包括供应链需求整合、采购业务数字化、材料质量跟踪以及数据共享等创新实践^[37]。

(三) 从生产驱动到用户需求驱动,持续推进商业模式创新

数字经济时代的市场需求发生了新变化。多样化、品质化、动态化消费需求与日俱增,企业价值链中以产品驱动为中心的传统商业模式日渐式微,以消费者需求为导向的价值创造逻辑日益显现。制造业企业作为连接消费端与供给端的关键主体,不仅要推动产品销售和扩大用户规模,更要注重用户需求挖掘、企业产品选型、服务策略制定和供给体系升级。“灯塔工厂”以用户需求为中心的商业模式创新主要体现在以下方面:

1. 积极开发线上交互平台,实现企业与用户价值共创。交互平台通过消费者和企业的信息即时交互,将用户体验与企业的生产管理紧密连接,以不断获取并落实用户对企业产品及服务的改进意见,打破用户需求和产品制造过程中的数据壁垒。基于良好的数据协同,企业面向用户提供全流程解决方案,打造大规模定制化生产模式。

2. 以“全场景客户价值”为导向,推动业务流程优化。一方面,利用数字技术赋能传统业务流程自动化、智能化。针对业务流程中的业务扩展、产品提供及用户服务等领域积极开展数字化创新,加速业务模式向智能化生产、自动化流程与网络化协同转型,提升企业运营效率和服务水平。另一方面,将用户作为业务流程设计的核心,推动业务全面服务化。充分挖掘用户数据潜能,实现生产流程和组织形式的创新改造,推动用户服务模式从“产品提供”向“产品+服务”转型,以最大化价值效益。

3. 创新设计价值链,实现“端到端”的数字化变革。“灯塔工厂”推行以用户需求为驱动的商业模式创新,既包含基于用户体验优化的需求端创新,又包含基于生产系统数字化的供给端创新。工厂专注于运用数字技术实现从研发设计、生产制造、物流配送到售后服务等环节“端到端”价值链打通,推动业务流程与信息系统有效整合。基于全价值链数字化变革,企业有效畅通内部信息流、物质流,大幅缩短产品交付周期,持续改善工厂运营效率,为用户提供新的价值创造^[38]。

(四) 重视能力建设,数字化赋能组织与人才变革

“灯塔工厂”着眼长远,率先在第四次工业革命人才储备方面重点发力,以数字技术赋能制造业企业组织与员工可持续发展。通过在组织架构调整、组织职能转变、员工培训与工作方式创新等方面多管齐下,推动企业数字化组织建设与人才培养,为数字化转型中的职位更替与任务升级提供有力支持,强化制造业企业的业务能力、学习能力与动态能力的打造。

1. 加快组织变革。一是职位组合调整,以适应新增数字化需求。“灯塔工厂”既为传统职位增添了不同以往的数据型任务,又将企业业务特点与数字技术有机结合,在数据安全、软件开发、应用维护等需求方面增设新型职位,以满足企业未来数字化能力提升需求。二是变革工作场所,建立明确的治理模式。“灯塔工厂”专门成立转型办公室,坚持问题导向与结果导向,通过定期召开行动会议、建立问责制度、表彰优秀员工等方式优化治理模式,强化企业内部反馈和自我调整能力。三是打造跨职能团队,提升组织行动力与学习能力^[39]。

2. 强化数字化人才培养。“灯塔工厂”从多角度为员工提供支撑。一是运用多元化手段强化员工数字能力建设。在日常工作中引入任务自动化以改变员工工作方式,对不同岗位的员工开展针对性职能培训,提升员工数字化能力。鼓励员工主动承担数字化转型任务,在具体实践中持续强化数字技术应

用能力和创新能力。围绕员工工作中的核心问题,建立企业共享数据库,推动员工由经验决策转向“数据+经验”的科学决策。二是积极与外界建立合作关系,为数字化人才培养不断注入新动能。

(五)以“点”带“链”,营造大中小企业联动的产业生态

“灯塔工厂”作为全球制造业的标杆,着眼于产业链韧性与活力,以“点”带“链”,在第四次工业革命中充分发挥链主企业作用,利用多元手段主动将产业链中小企业带入数字化进程^[40]。通过向关联企业广泛传授数字化转型经验,形成“灯塔经验”的大规模复制与应用,以龙头企业带动中小企业协同转型,营造制造业企业联动发展的数字生态。

1. 搭建行业公共服务平台。“灯塔工厂”普遍秉承开放合作共享的理念,积极吸纳产业链上下游企业,打造制造业数字化转型战略联盟,促进制造业产业链有效协作整合^[41]。通过建立工业互联网平台、联合研发中心等行业公共服务平台,为中小企业提供各类创新增值服务,赋能中小企业从内部数字化走向平台赋能的产业链协作。

2. 打造智能制造示范工厂。“灯塔工厂”立足于中小企业数字化转型需求,积极打造智慧场景、智能车间、智能工厂与智慧供应链,形成多场景、全链条、多层次的应用示范,为企业提供更加具体化、可操作的实践示例,带动中小微企业逐步走向数字化转型之路。

3. 坚持“全能冠军”和“单项冠军”并举。“灯塔工厂”作为贯通上下游产业链条的龙头企业,一方面着眼于自身数字化能力提升和创新体系构建,成为在技术领先、业务转型、降本增效、组织管理等方面均有卓越成就的“全能冠军”;另一方面,在全面提升产业链供应链数字化水平基础上,面向特定制造领域重点培育一批专精特新企业成长为“单项冠军”,加快突破技术瓶颈。

四、推动中国制造业数字化转型的政策建议

(一)充分释放“灯塔效应”

“灯塔工厂”作为第四次工业革命中的价值创造者,为全球制造业数字化转型带来了新的希望。它不仅推动了新一代数字技术在整个生产网络中的扩散,更主动承担起生产制造碳中和、可持续发展等社会责任。释放“灯塔效应”,一方面有利于“灯塔工厂”发挥引领带动作用,推动中国智能制造战略、数字经济发展战略落地实施,加速国内制造业企业数字化转型升级;另一方面,有望推动中国企业积极走出国门打造世界级“灯塔工厂”,在国际层面构建“灯塔网络”,以实现中国制造业全球价值链地位提升。

1. 促进“灯塔经验”行业分享。“灯塔工厂”在数字化转型方面的卓越表现,为全球制造业企业应对新格局下的发展与变革提供了参考。政府要号召更多“灯塔工厂”联合地区科创中心、工业互联网协会等组织,积极承办业内交流活动。借助多元化平台和手段推动“灯塔经验”进一步传播,为更多企业提供商业模式创新、供应链韧性强化、绿色可持续发展的路径。

2. 推行“灯塔工厂”精准支持项目。国家层面设立“灯塔工厂”定向支持专项,稳妥有序地对“灯塔工厂”打造实施一对一支持。通过持续提供战略、人才、技术等支持,帮助更多具备智能制造发展潜力的企业打造“灯塔工厂”。应综合考察数字基础、管理能力、场景价值、产业链带动能力和可复制潜力,尤其面向中国专精特新企业和高新技术企业,“灯塔工厂”精准支持有助于加快其高质量数字化转型,为共同构建制造业“灯塔”生态圈助力。

3. 积极拓展多元化业务。地方“灯塔工厂”坚持“制造业为主”的发展底线,结合地方与企业特色构建多元业务协同发展的产业版图。同时利用“灯塔工厂”业务数字化能力,提升与国内外企业合作的可能性和便利性,尝试海外市场拓展与国际产业链延伸,在开放合作中连接形成更大的“灯塔网络”。

(二)全面加速数字技术扩散

对于企业而言,数字技术可以为市场、企业、消费者及设施设备等分散主体连接提供强大动能。在

数字化变革过程中,加速数字技术在企业内部和企业间扩散、渗透,有助于打通企业内部价值链各环节之间和产业链上下游企业间的数字化连接,拓展数字应用和企业创新空间,推动制造业向更高端升级。“十五五”规划纲要提出“建设和运营国家数据基础设施,实施可信数据空间发展行动计划”^[2]。对于基础薄弱企业,应优先推进设备联网、数据采集和流程标准化;对于成长型企业,应重点建设工业互联网平台、数据中台和智能排产等能力;对于龙头企业,则应推进端到端价值链协同和跨工厂复制。

1. 重视数字技术基础设施建设。国家应加大新型数字技术基础设施建设力度,国家应尽快构建新型数字技术基础设施建设的标准体系,切实保障制造业传统基础设施数字化质量;企业需主动加强数字化基础设施建设的系统谋划,充分运用5G网络、人工智能、物联网等新一代信息技术推动内部硬软件布局优化,强化企业支持数字技术扩散的基础能力。

2. 推进“上云用数赋智”行动。积极开展制造业数字化转型的伙伴行动,努力构建“政府引导—平台赋能—龙头引领—第三方机构服务”的联合推进机制。以政府战略为导向,充分发挥龙头企业的带动作用 and 市场的资源配置作用,加快推进企业“上云用数赋智”,为企业数字化转型提供资源支持、能力扶持和公益性服务。

3. 构建数字技术应用场景。企业对内要加快推进职能部门、业务流程、制造环节等战略单元改造升级,以支持数字化场景构建与拓展,进一步提升数字技术应用水平。与此同时,企业对外要强化同上下游主体、合作伙伴的深度协作,联合开展以关键核心技术攻关为目标的合作项目开展,譬如联合构建5G+智慧工厂、打造智能工厂离散型工业互联网平台。

(三) 打造多元协同数字化联盟

制造业数字化转型离不开各参与主体的相互协作和共同发力。日益紧迫的数字化转型需求和工业互联网创新发展战略的持续推进,对政府、高校、企业等多主体协同提出更高要求。打造多元协同数字化联盟,有利于企业充分聚合资源,形成多元主体交叉赋能、融合聚能、聚势增能的发展局面。

1. 打造数字化人才协同育人联盟。贯彻落实2026年政府工作报告中“加快建设国家战略人才力量,加强一流科技领军人才和青年人才引育”的要求^[42],以高校数字学科建设与专业人才培养为核心支撑,立足制造业数字化转型市场需求,整合政府实践平台、企业实训资源,加快组建数字化创新人才协同育人联盟,推动政产学研各主体实现人才培养、资源配置、数据共享的协同联动。通过深度融合的育人模式,培育一批具备数字素养、数字应用能力及数字化转型思维的复合型应用人才。

2. 共同搭建工业互联网平台。2026年政府工作报告中提出“打造‘5G+工业互联网’升级版”^[42]。制造业与大数据、互联网等产业跨界融合是数字经济发展和制造强国建设的必然趋势。聚焦制造业数字化转型基础设施提质升级,推动多方协同搭建工业互联网平台,实现产业、企业信息及各类资源的集聚整合,健全企业间数字化转型合作机制^[43]。依托平台的多元服务功能,精准聚集中小微企业数字化转型痛点,规模化破解转型难题,助推制造业数字化转型提质增效。

3. 促进制造行业内大中小微企业协同发展。鼓励龙头企业充分发挥引领带头作用,积极同产业上下游相关企业开展需求对接、服务对接和资源对接,逐步实现产业链供应链协同。对中小微企业,应重点提供轻量化、模块化、低成本的数字化工具包和公共服务,支持其从财务、采购、库存、质量追溯等基础环节起步;对产业链关键配套企业,应通过联合试点、数据标准共建和供应链协同平台推动其融入龙头企业数字生态;对区域产业集群,应建设共享实验线、示范车间,提供数字化诊断服务,降低企业单独转型成本。

(四) 强化制造业数字化转型政策支持

国家层面的政策激励与保障是制造业数字化转型落地实施的“定心丸”。加快从财政金融、人才和数据治理等方面细化政策颗粒度,提高要素配置的灵活性、科学性、协同性,统筹构建制造业数字化转型的政策体系。政策支持应从普惠性扶持进一步转向分类分级支持,对起步企业强调基础设施和管理规范化,对成长企业强调场景试点和人才培养,对龙头企业强调生态带动和标准输出。

1. 加大财政政策支持。充分发挥中央财政政策的引导带动作用,以制造业关键领域和关键环节的数字化转型试点为方向,加大政策倾斜和资金支持力度。针对数字化转型需求迫切、发展潜力巨大但资源匮乏的企业,合理利用财政补贴缓解其资金约束,助力企业跨越数字化转型初始门槛。鼓励地方政府提供税收优惠政策,充分调动企业数字化转型的积极性,持续激发制造业自主创新活力。同时建立健全制造业数字化转型支持专项资金申报、审批和发放机制,探索成立制造业数字化转型专项基金,共同支持国家数字化转型标杆企业的培养与打造。充分发挥政策性金融作用,强化信贷资金倾斜;满足行业差异化融资需求,不断发展供应链金融、融资租赁等金融创新服务,强化制造业数字化转型的融资支持。

2. 完善数字化人才培养制度。鼓励制造业龙头企业承担数字创新人才培育的社会责任。综合运用企业人才引进优惠政策、政府公益培训服务和公益就业岗位等措施,推动更多高端数字人才培养与集聚,全方位提升广大员工的数字化能力水平。企业内部应建立分层培训体系,对管理层强化数字战略和数据治理能力,对工程技术人员强化工业软件、数据分析和智能运维能力,对一线员工强化数字设备操作、异常反馈和持续改善能力,使组织文化从经验驱动逐步转向数据驱动。

3. 加快构建数据基础制度体系。政府引导推进制造业数据安全标准体系建设,尽快制定统一的数据标准,建立健全有关数据产权、数据交易和数据流通等系列制度,保障企业数据要素实现合规流动、合理使用与合法交易。加快推动数据安全立法,建立健全覆盖政府、企业、高校等主体在内的数据安全法律制度。

五、结语

制造业数字化转型是推动新质生产力形成、提升产业链供应链韧性和实现制造强国目标的重要路径。以“灯塔工厂”为参照,中国制造业应在战略引领、技术攻关、场景落地、组织人才和生态协同等方面持续发力,推动数字化转型由单点突破走向系统重塑。未来,应进一步强化政府、企业、高校和平台机构协同,促进先进经验复制扩散与中小企业普惠转型,在数实融合中不断提升中国制造的创新能力、竞争优势与可持续发展水平。

[参 考 文 献]

- [1] 中国政府网. 八部门关于印发《“十四五”智能制造发展规划》的通知_国务院部门文件[EB/OL]. (2021-12-21) [2026-05-13]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/28/content_5664996.htm.
- [2] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要[EB/OL]. (2026-03-13) [2026-05-13]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202603/content_7062633.htm.
- [3] 许召元. 制造业高质量发展的核心标准和关键环节[N]. 中国经济时报, 2019-01-01(5).
- [4] 姚佳. 数据产权的创设基础与制度功能[J]. 中国法律评论, 2026(3): 98-110.
- [5] 张群, 杨帅. 利用 PPP 模式推进“制造业+互联网”: 国际经验与中国对策[J]. 税务与经济, 2017(4): 21-27.
- [6] 肖翔, 王晋梅, 董香书. 数字化转型如何影响制造业实质性创新? ——基于“数字赋能”与“数字鸿沟”的视角[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2023(10): 28-50.
- [7] 谭志雄, 穆思颖, 郑华蓉. 制造业数字化转型赋能新质生产力涌现: 以“灯塔工厂”为例[J]. 中国软科学, 2025(6): 28-40.
- [8] 徐晓慧, 卢雪倩. 数据确权政策如何驱动企业数字化转型[J]. 南京财经大学学报, 2025(6): 56-66.
- [9] 宋马林, 鲁锦涛, 李振翠, 等. 基于随机森林模型的企业数字化转型时空特征及驱动因素研究[J/OL]. 中国管理科学, 1-21 [2026-08-15]. <https://doi.org/10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2024.2206>.
- [10] 刘满凤, 杨刚, 王亮. 我国制造业企业数字化转型效率及驱动因素分析——基于上市公司的实证证据[J]. 科技管理研究, 2025(23): 11-20.
- [11] 林艳, 轧俊敏. 制造企业数字化转型的驱动力与实现路径——基于 TOE 框架的案例研究[J]. 管理学刊, 2023(5):

- [12] 洪冰. 人工智能驱动组织蜂巢化:企业数字化转型的演进机制[J]. 江西社会科学,2026(1):60-72.
- [13] 孙进书,吴林飞,张羽飞. 领军企业数字化转型驱动创新联合体建设研究[J/OL]. 科研管理,1-15[2026-08-15].
https://link.cnki.net/urlid/11.1567.G3.20260508.1013.004.
- [14] 张鹏,周恩毅,刘启雷. 装备制造企业数字化转型水平测度——基于陕西省调研数据的实证研究[J]. 科技进步与对策,2022(7):64-72.
- [15] 何帆,刘红霞. 数字经济视角下实体企业数字化变革的业绩提升效应评估[J]. 改革,2019(4):137-148.
- [16] Duman M C, Akdemir B. A study to determine the effects of industry 4.0 technology components on organizational performance[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021: 120615.
- [17] 陈晓东,刘洋,周柯. 数字经济提升我国产业链韧性的路径研究[J]. 经济体制改革,2022(1):95-102.
- [18] 李晶,曹钰华. 基于组态视角的制造企业数字化转型驱动模式研究[J]. 研究与发展管理,2022(3):106-122.
- [19] Xue L, Zhang Q Y, Zhang X M, et al. Can digital transformation promote green technology innovation? [J]. Sustainability, 2022(12): 7497.
- [20] Wen H W, Lee C C, Song Z Y. Digitalization and environment: How does ICT affect enterprise environmental performance? [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021(39): 54826-54841.
- [21] 申明浩,谭伟杰,张文博. 数字化转型增进了企业社会责任履行吗? [J]. 西部论坛,2022(3):63-80.
- [22] 陈晓颖,邱国栋. 从产品主导逻辑到服务主导逻辑:能力重构视角下企业的数字化转型研究[J]. 研究与发展管理,2022(1):39-53.
- [23] Hanelt A, Bohnsack R, Marz D, et al. A systematic review of the literature on digital transformation: Insights and implications for strategy and organizational change[J]. Journal of Management Studies, 2021(5): 1159-1197.
- [24] 武常岐,张昆贤,陈晓蓉. 传统制造业企业数字化转型路径研究——基于结构与行动者视角的三阶段演进模型[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版),2022(4):121-135.
- [25] Klos C, Spieth P, Clauss T, et al. Digital transformation of incumbent firms: A business model innovation perspective[J]. IEEE Transactions on Engineering Management, 2023(6): 2017-2033.
- [26] 孔存玉,丁志帆. 制造业数字化转型的内在机理与实现路径[J]. 经济体制改革,2021(6):98-105.
- [27] 王静. 我国制造业全球供应链重构和数字化转型的路径研究[J]. 中国软科学,2022(4):23-34.
- [28] 闫津臣,刘淑春,张思雪,等. “坐以待毙”还是“孤注一掷”——成本黏性与数字化转型困境[J/OL]. 管理工程学报,1-16[2026-08-15]. https://doi.org/10.13587/j.cnki.jieem.2026.05.008.
- [29] 刘洋,董久钰,焦豪. 悖论式困境、高管认知框架与制造企业数字化转型[J]. 管理世界,2025(2):161-181.
- [30] 张继德,张家轩,刘洁,等. 企业数字化转型的现实困境、成因和应对研究[J]. 会计研究,2024(7):13-25.
- [31] 蒲兴山,陈康豪,杨萌. 数字化转型对困境企业价值创造的影响研究[J]. 软科学,2026(3):1-10.
- [32] 彭勃,吴兵兵. “赋能”何以变成“负担”:基层治理数字化转型的困境及其破解[J]. 社会主义研究,2026(1):109-117+135.
- [33] 龚晓菊,王一楠. “十五五”时期中国产业链重塑现状、挑战和实施策略[J]. 经济学家,2026(5):88-97.
- [34] 张欣,岳辉. 我国体育旅游产业数字化转型实现路径研究[J]. 体育学研究,2024(5):96-106.
- [35] 李春生,路利乐. 数字经济、要素替代弹性与产业结构升级[J]. 统计与决策,2025(9):117-122.
- [36] 邢小强,刘丰,何玮萱. 新创企业管理者认知驱动的商业模式演化与数字价值创造[J]. 外国经济与管理,2026(1):18-35.
- [37] 雷雨亮,黄海林. 数字化转型、供应链协同与供应商创新效率[J]. 科学决策,2024(8):20-32.
- [38] 彭定洪,肖艳,王莎. 融入双优先级的中小制造企业工业互联网平台服务优选方法[J]. 软科学,2026(7):82-94.
- [39] 王树昊. 新时期企业财务审计的数字化转型:挑战、策略与展望[J]. 重庆师范大学学报(社会科学版),2025(3):96-104.
- [40] 谭志雄,穆思颖. “十五五”时期新质生产力赋能现代化产业体系构建:理论内涵与实践路径[J/OL]. 重庆大学学报(社会科学版),1-14[2026-05-22]. https://link.cnki.net/urlid/50.1023.C.20260518.0958.004.
- [41] 赵成伟,李文雅,靳明悦,等. “群聚效应”还是“竞争溢出”:城市群政策对企业竞争力的影响研究[J]. 城市发展研究,2026(4):76-84.

[42] 李强作的政府工作报告(摘登)[N]. 人民日报,2026-03-06(3).

[43] 谭志雄,穆思颖. 链长制对企业全要素生产率影响研究——基于三重差分检验方法的实证分析[J]. 南通大学学报(社会科学版),2026(1):97-113+168.

Dilemma of the Manufacturing Digital Transformation and Its Breakthrough Paths: Example of “Lighthouse Factory”

Tan Zhixiong^{1,2} Mu Siying¹

(1. School of Public Policy and Administration, Chongqing University, Chongqing 400044;

2. Research Center for Regional Economy and Strategy of Science and Education, Chongqing University,
Chongqing 400044, China)

Abstract: The digital transformation of the manufacturing industry is a vital component for China to achieve high-quality economic development and to build its manufacturing strength. Amid a new wave of technological revolution and industrial transformation, the contradictions of China’s manufacturing sector being “large but not strong, comprehensive but not superior” have become increasingly prominent, accompanied by the risks of “bottlenecks” and “supply chain disruptions”. As an exemplar of “digital manufacturing” and “globalization 4.0”, the “Lighthouse Factory” has emerged as a new trend and benchmark for the future of intelligent manufacturing. It demonstrates how forward-thinking strategies can achieve new sources of value creation in digital transformation, such as cost reduction, efficiency improvement, scalable expansion, and green sustainable development, playing a pivotal role in guiding the digital transformation of China’s manufacturing industry. Based on the dilemmas facing China’s manufacturing digital transformation, this paper deeply analyzes the outstanding and in-depth innovation practices of the “Lighthouse Factory”, summarizes the breakthrough paths for digital transformation in manufacturing, and proposes corresponding policy recommendations. The study finds that current dilemmas include: cognitive biases toward digital transformation and ambiguous transformation goals; weak technological breakthroughs in digital technologies and insufficient implementation across entire processes; a lack of demand orientation and lagging innovation transformation; organizational change inertia and a shortage of digital talent; and weak collaborative linkages, particularly the insufficient transformation capacity of small and medium-sized enterprises. The paper identifies five breakthrough paths: strategy formulation, value chain restructuring, business model innovation, employee and organizational change, and industrial ecosystem development. It further proposes strategic suggestions such as fully unleashing the “lighthouse effect”, accelerating the diffusion of digital technologies, building multi-stakeholder digital alliances, and strengthening policy support for digital transformation in manufacturing, with the aim of providing reference and guidance for the digital transformation and upgrading of Chinese manufacturing enterprises, thereby facilitating the transition from “Made in China” to “Intelligently Made in China”.

Keywords: manufacturing; digital transformation; “lighthouse factory”; intelligent manufacturing

[责任编辑:邹柳馨]