

“灯塔工厂”：中国智能制造的标杆及其世界意义*

刘志彪，严文沁

摘要：本文立足全球制造业第四次工业革命背景，以世界经济论坛提出的“灯塔工厂”为研究对象，深入研究中国“灯塔工厂”的崛起，对于理解新时代中国制造业的战略转型逻辑及其全球影响力的形成路径，具有重要的理论与现实意义。本文以全球视角系统分析中国“灯塔工厂”的发展进程，重点探讨三方面内容：一是“灯塔工厂”如何成为中国从“世界工厂”向“智造强国”转型的关键载体；二是灯塔标准的演进逻辑，以及中国制造业在世界“灯塔工厂”体系中的转型升级；三是从智能制造标准引领、绿色转型、产业链韧性、劳动力转型与技术普惠等维度，阐释中国“灯塔工厂”发展的世界意义。研究认为，中国“灯塔工厂”的崛起不仅体现了“中国智造”的战略跃升，也为全球制造业的智能化、绿色化与融合化转型提供了可复制、可推广的“中国方案”，成为推动第四次工业革命发展与演化的重要力量。

关键词：“灯塔工厂”；智能制造；中国方案；世界意义

DOI:10.11714/jssu.sse.202602017

一、引言

当前中国制造业正处于由规模驱动向智能化驱动深度转型的关键阶段，党的二十届四中全会明确提出“十五五”时期要加快发展新质生产力、建设现代化产业体系(新华社,2025)，这就为中国制造业转型升级提供了根本遵循。随着全球第四次工业革命加速演进，全球制造业正经历着一场深刻的变革，“灯塔工厂”作为智能制造的典型代表，正在逐渐成为观察一个国家制造业水平与未来发展潜力的重要窗口(薛金萍和陈毅莹,2024)。“灯塔工厂”是由世界经济论坛(WEF)与麦肯锡联合选拔的制造企业的行业标杆，被公认为“第四次工业革命”的领路者，其内涵在于通过大规模应用第四次工业革命技术，实现生产力、敏捷性及可持续性的跨越式提升。与侧重于“规模效应”和“劳动力成本优势”的传统工厂不同，“灯塔工厂”展现出以下三大本质差异：一是驱动力转换，从传统的“要素驱动”转向“数据驱动”，利用AI和大数据实现预测性维护与实时决策；二是全价值链集成，传统工厂多为孤岛式生产，而“灯塔工厂”实现了从研发设计到售后服务的“端到端”深度协同；三是极致柔性绿色化，具备快速响应市场波动的柔性制造能力，并兼顾低碳减排，将效率与环保高度统一。据此可以看出，“灯塔工厂”的核心价值在于通过数字化底座，重构制造业的增长逻辑。因此，“灯塔工厂”不仅是单个企业数字化、智能化转型的象征，更是一个国家整体产业升级与创新能力的体现。

* 收稿日期：2025—12—02

基金项目：国家社会科学基金重大项目“全球产业链供应链变化趋势及对我国影响研究”(24&ZD055)；南京大学中国特色哲学社会科学自主知识体系建构“引领工程”重大研究专项“建设以产业链现代化为核心的中国产业经济学”(2024300565)

作者简介：刘志彪，南京大学长江产业发展研究院(南京 210093)；
严文沁，南京大学商学院(南京 210093)。

“灯塔工厂”的兴起,是中国加快迈上“智能制造”新平台的重要标志。截至2025年最新统计,全球共评选出201家“灯塔工厂”,其中中国拥有全球数量最多的“灯塔工厂”,以85家遥遥领先,涵盖宁德时代、富士康、海尔、美的等多个行业龙头企业。这一现象不仅显示了中国企业在智能制造领域的快速追赶和突破,也彰显出中国制造业在国际竞争格局中通过智能化与数字化实现“弯道超车”,由“世界工厂”向“全球智能制造标杆”转变。这充分表明,中国已经在智能制造领域实现了从“跟跑”向“并跑”甚至在若干细分领域“领跑”的跃迁,而“灯塔工厂”正是这一演化过程的重要实践载体。

因此,研究中国“灯塔工厂”的意义,不仅是为了总结若干领先企业经验,更要揭示中国制造业向“智能制造”跃升的世界意义。已有研究普遍关注“灯塔工厂”在实践层面的成效与经验,总结了其在生产效率提升、能源利用优化以及企业管理与组织创新等方面的显著成果(李雪灵和刘源,2023;刘志彪和徐天舒,2023;张延平等,2025);还进一步探讨了“灯塔工厂”模式的可复制性及其对行业内其他企业的带动和溢出效应(董明和孙琦,2022;陈东和郭文光,2023),形成了较为丰富的分析。然而,这些研究大多集中于企业或行业,对“灯塔工厂”在更大尺度上的经济与社会意义,比如如何重塑中国智能制造体系的整体格局、推动产业结构升级乃至在全球制造业竞争中展现新的比较优势,这些方面关注仍然有限。换句话说,当前关于“灯塔工厂”的讨论更多聚焦于“工厂层面、行业层面做得好不好”,而对它作为一种体现国家制造能力、产业组织方式和制度创新方向的“标杆现象”缺乏系统化的研究视角。因此,本文从全球视角出发,探讨“灯塔工厂”在世界制造版图中的战略意义,既是对既有研究的有益补充,也有助于更全面理解其背后所折射的中国智能制造转型路径与全球影响力。

二、“灯塔工厂”是制造强国地位的象征

(一)“灯塔工厂”的提出与全球制造业转型的历史背景

21世纪以来,全球制造业面临着以数字化、网络化和智能化为核心的范式变革,“灯塔工厂”(Lighthouse Factory)的概念应运而生,其核心目的在于识别和表彰那些率先在生产体系中实现第四次工业革命技术(即工业4.0)大规模应用和系统集成企业。与传统意义上追求自动化效率的“先进工厂”或“示范工厂”不同,“灯塔工厂”更强调的是一种系统性变革:它以人工智能、云计算、工业互联网、5G通信、数字孪生等先进技术为基础,通过“端到端”的数字化与智能化改造,实现生产全过程的透明化、协同化和柔性化,从而推动生产效率、供应链韧性、资源利用率与环境绩效的全面跃升。

“灯塔工厂”是全球制造业演进逻辑变化的必然结果。在全球制造业演进进程中,从第一次工业革命的机械化生产,到第二次工业革命的电气化和流水线,再到第三次工业革命的信息化,制造业的核心竞争力始终围绕生产方式的变革而重构。而进入第四次工业革命以来,制造业的竞争不再局限于产能规模和成本优势,而是逐步转向“系统集成”与“技术主导”。这种演进意味着,未来的制造强国不仅需要生产规模的领先,还必须具备技术标准的塑造力、产业组织的创新力以及全球价值链的主导力。

因此从全球范围看,“灯塔工厂”的兴起反映了发达经济体应对制造业竞争格局变化的一种战略选择。特别是在2008年国际金融危机之后,以美国商务部推动的“先进制造业国家战略”、德国联邦经济与能源部提出的“工业4.0”计划,以及欧盟委员会的“数字单一市场”战略,都把数字化、智能化作为重塑产业竞争优势的核心抓手。“灯塔工厂”因此成为各国在制造业“再工业化”进程中的战略前沿阵地,也成为评估国家制造业竞争力的新指标体系。

(二)“灯塔工厂”引领“中国智造”

在全球化背景下,中国成为举世瞩目的“世界工厂”。作为全球最大的发展中国家,中国制造业的增加值在总体规模上已连续15年位居全球首位,同时中国的制造业体系呈现出更加明显的完整性优势,在全球504种主要工业产品中,大多数产品的产量均位居世界第一(王政和刘温馨,2025),反映了中国在全球制造业中的重要地位和竞争力。这一地位的形成有其深厚的结构性基础:其一,中国拥有全球最

完整的工业体系,是唯一涵盖联合国产业分类中全部工业门类的国家;其二,中国长期依托人口红利和成本优势,成为全球产业转移的主要承接地;其三,中国自改革开放以来不断完善基础设施,形成了世界上规模最大、配套最全的制造业供应链体系。

然而,随着劳动力成本上升、人口结构变化以及全球产业链重组,中国的传统比较优势正逐步削弱。在全球竞争中,仅仅依靠低成本与规模效应,已无法支撑未来制造业的持续领先。发达国家的“再工业化”战略与区域化产业链布局,正在压缩中国制造业在全球价值链中的中低端环节生存空间;而人工智能、大数据、工业互联网等智能化技术的快速渗透,则从生产要素和产业组织逻辑上对“世界工厂”传统模式形成冲击。这意味着,中国制造业必须完成从“要素驱动”向“创新驱动”的战略转型,实现由“世界工厂”向“智造强国”的跨越。

“灯塔工厂”成为这一战略转型的关键着力点,其对中国智造的引领,本质上是一场有关“生产函数”的变革。它通过微观层面的数据治理打破生产极限,中观层面的价值链集成提升响应速度,以及宏观层面的生态赋能引发产业共振。这种升级路径不再依赖于单一的技术引进,而是通过“技术体系—组织模式—产业生态”的三位一体重构,为中国制造业在全球价值链中从“跟随者”向“定义者”转变提供了具体的实践范式,是中国制造向“智”突围在实践层面的具体体现。

首先是微观机理层面从“经验驱动”向“数据智能”的范式重构。“灯塔工厂”引领升级的底层逻辑,是实现了全要素生产率(TFP)的非线性增长,主要分为两个方面:其一是数据要素的内生化路径,在传统工厂中,数据是生产的副产品,但在“灯塔工厂”中,数据转化为核心生产要素。通过“数据—信息—知识—决策”的闭环,AI算法替代了部分中层管理者的决策功能,极大地降低了由于信息不对称产生的“组织内耗”;其二是破解“效率—灵活性—质量”的三角悖论,传统制造中,三者往往不可兼得。“灯塔工厂”通过数字孪生与边缘计算,实现了在不牺牲成本的前提下进行大规模定制。这种“成本中性”的柔性化能力,是中国制造从“低成本优势”转向“高价值创造”的微观基础。

其次是中观路径层面的全价值链“端到端”集成与响应。“灯塔工厂”不仅是单个的生产单元,更是价值链重组的指挥中心。一方面体现在解构与重组业务流程,智造升级的路径之一是“去中介化”。“灯塔工厂”通过C2M(消费者直达制造)模式,将研发与市场端深度耦合。这种路径使中国企业能够从全球价值链的“加工组装”环节,向“研发设计”与“品牌服务”两端延伸;另一方面表现出敏捷供应与动态韧性,利用AI进行需求预测与物流调度,“灯塔工厂”将“库存平衡”升级为“流量即时感知”。在面对全球供应链波动(如疫情或贸易冲突)时,这种实时重构供应链的能力,正是国家产业韧性的体现。

最后是宏观效应层面中从“单点突破”到“生态赋能”的外溢逻辑。这是论证“引领国家制造战略”的关键所在,即“灯塔工厂”的外部性。第一是“链长”带动效应与标准定义权,“灯塔工厂”(如美的、宁德时代)作为产业链核心,其数字化接口会强制要求上下游中小企业进行兼容性升级,这种“强迫性演进”加速了整个产业集群的数字化渗透,形成了“以点带面”的结构性升级路径;第二是知识溢出与“工业智库”,“灯塔工厂”沉淀了大量的行业通用模型与工业软件(如海尔卡奥斯平台)。这些知识资产通过“平台化输出”,降低了其他企业转型的边际成本,这种从“私有技术”向“公共服务平台”的转化,是中国构建“新质生产力”的重要路径。

(三)中国“灯塔工厂”的发展现状与产业布局特征

第一,产业分布集中且具有战略导向性。中国的“灯塔工厂”主要聚集于具有战略意义的先进制造领域,涵盖新能源汽车(9家)、光电及电子产品制造(18家)、家电制造(17家)与工业及医疗高端装备(15家)^①等战略性新兴产业,形成了以国家重点发展方向为引领的产业集群格局。同时,在碳排放控制和能源利用效率方面,这些“灯塔工厂”也普遍处于行业领先地位,通过精准的数据监测和动态能耗优化,实

^① 资料来源:Global Lighthouse Network, <https://www.weforum.org/press/2025/09/global-lighthouse-network-2025-world-economic-forum-recognizes-12-new-sites-driving-holistic-transformation-in-manufacturing/>。

现了节能减排与绿色生产的双重目标。例如,宁德时代作为全球领先的新能源企业,凭借宁德、溧阳、宜宾3座“灯塔工厂”构建了卓越制造体系,深度融合AI、大数据与柔性自动化技术,将缺陷率压降至“十亿分之一”级别,实现单体电芯1.7秒产出的极限效率。在显著降本增效的同时,其宜宾工厂更率先实现零碳生产。这种由数字化驱动的极致制造,不仅强化了其动力电池领域的全球霸主地位,更树立了工业绿色转型的行业标杆^①。

第二,数字化与技术集成能力突出。中国的“灯塔工厂”不仅在单个生产环节实现了数字化改造,更在整个产业链层面上打通了信息流和数据流,普遍实现了生产环节与供应链环节的全流程数字化管理。通过物联网、5G通信与AI算法的深度融合,许多“灯塔工厂”依托自建的数据平台和智能采集系统,使生产系统具备实时感知、自动分析和快速响应的能力,形成了从原材料采购、生产调度、仓储物流到终端销售与交付的闭环系统。这样的集成能力不仅让制造过程更加高效、柔性,也显著增强了供应链的稳定性和抗风险能力。例如,以12座“灯塔工厂”稳居全球数量之首的海尔集团,依托卡奥斯平台深度应用AI大模型优化全价值链,将设计周期与订单交付时间分别缩短49%和19%。除自身突破外,海尔更通过跨行业赋能,在全球10大领域打造出包含16座工厂的规模化“灯塔集群”。这种从单点突破到产业联动的模式,确立了其在智能制造领域的全球领军地位^②。

第三,区域布局与国家产业政策高度契合。“灯塔工厂”在区域分布上呈现明显的梯度发展特征:东部沿海地区依托雄厚的产业基础与创新能力,率先布局的“灯塔工厂”多集中于高端制造与创新密集型产业,目前有近60座世界“灯塔工厂”(其中江苏15座,广东10座,山东、上海各有7座,台湾6座,北京5座,天津、浙江各有3座,福建2座,河北1座);中西部地区则通过产业转移承接与数字基础设施建设,逐步形成区域“灯塔工厂”集群,目前拥有20多座“灯塔工厂”(安徽5座,四川4座,河南、湖南、湖北、重庆各有2座,广西、贵州、宁夏、山西、陕西、云南各占1席);东北老工业基地依托装备制造优势,通过引入人工智能与工业互联网,实现传统产业的数字化、绿色化转型,目前只有海尔沈阳冰箱互联工厂1座“灯塔工厂”,是辽宁鼓励企业进行数字化车间改造的一个缩影;除此之外中国制造还加速全球化布局,助力“双循环”格局及高水平开放,截至最新批次,工业富联越南、中信戴卡摩洛哥、联想墨西哥及美的泰国4大海外基地相继入选“灯塔工厂”^③。以上这样的空间布局与国家新型工业化战略形成了良性互动,体现了智能制造布局与国家产业政策之间的高度协同。

三、“灯塔工厂”的标准演变与中国制造业的转型升级

(一)标准演变:从“先进制造”到“智能制造”

“灯塔工厂”评选标准已从最初单一的“自动化与效率”转向“系统性能力建构”,历经了从单维技术突破到多维范式变革的四个演进阶段:

第一阶段(2018.9—2021.9)是技术驱动的“单点数字化”。此阶段核心是推动传统工厂向数字化工厂跃升。评选侧重于新一代数字技术(如物联网、AI视觉、工业机器人、云平台)的规模化应用。目标在于通过技术赋能提升敏捷度与定制化能力,入选者多为拥有雄厚基础设施的欧美跨国巨头,如宝洁、施耐德等^④。

① 资料来源:CATL宁德时代, <https://www.catl.com/>。

② 资料来源:海尔, https://www.haier.com/press-events/news/20250916_271758.shtml?from=search&spm=net_group-search_pad.list1_20200630.1。

③ 资料来源:Global Lighthouse Network, <https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/home>。

④ 资料来源:Global Lighthouse Network, https://www3.weforum.org/docs/WEF_4IR_Beacons_of_Technology_and_Innovation_in_Manufacturing_report_2019.pdf。

第二阶段(2021.9—2023.12)是绿色化驱动的“可持续转型”。顺应全球低碳趋势,“可持续灯塔”成为核心类别。标准由单纯追求效率转向“绿色智能化”,强调优化能源管理和控制碳排放。比如西部数据、海尔等中国企业通过智能调度平台实现能耗显著下降,确立了数字化与绿色化融合的新路径^①。

第三阶段(2023.12—2025.9)是价值链驱动的“端到端协同”。评选标准进一步精细化,分化出“端到端灯塔”^②。其关注点超越单一工厂,强调构建跨越供应链上下游的互联生态。通过研发、采购、制造及售后的全流程数据闭环,实现系统性治理。海尔胶州工厂作为典型,通过重构设计与制造流程,使产品研发周期缩短49%^③,实现了“从工厂到市场”的一体化智能管理。

第四阶段(2025.9至今)是人本驱动的“全维度韧性”。世界经济论坛优化标准,确立了客户至上、生产力、供应链韧性、可持续、人才五大核心支柱^④。这一阶段的创新在于,客户至上灯塔强调以数据赋能个性化服务,提升运营敏捷性与客户价值;人才灯塔聚焦于智能制造背景下的人才体系建设,通过组织活力激发与人机协同提升绩效。这标志着智能制造正由“设备逻辑”转向“以人为本”的高绩效运营理念,致力于打造更具柔性、韧性且面向未来的工业网络。

(二)中国制造业在“灯塔工厂”标准体系中的转型升级

第一,纵向贯通、横向配套的产业链体系。中国是全球唯一拥有全部工业门类的国家,制造业体系完备、门类齐全,连续多年位居全球首位,雄厚的产业基础和场景密度为“灯塔工厂”的建设提供了坚实支撑。例如,美的集团顺德智能制造基地依托完善的家电产业集群和强大的供应链协同能力,在零部件加工、自动化装备、软件系统等环节实现了高效联动。其中美的洗碗机工厂通过“链式改造”,带动上下游供应商实现供应链制造浪费减少68%(昌道励和许宁宁,2024);美的厨电产业集群深化MES系统,提高协同效率、降低供应成本并实现数据增值,打通集群供应链上下游,从关键流程着手,实现按需匹配的智能物流配送,实现供应品质协同效率提升50%,供应商呆滞库存下降26%(刘宏宇和张娟,2024),充分体现了完整产业链基础在推动“灯塔工厂”形成中的关键作用。

第二,政策引导与数字基础设施建设同步推进。国家层面不断强化对智能制造和数字经济的战略部署,相继出台了多项支持制造业数字化、网络化、智能化转型的政策举措。例如,《国家智能制造标准体系建设指南(2024版)》^⑤聚焦人工智能等新技术与制造业的融合应用,明确指出要构建适应新型工业化发展的智能制造标准体系;《数字中国建设整体布局规划》^⑥则从顶层设计上推动数字基础设施建设和工业互联网融合发展;此外,《关于加快传统制造业转型升级的指导意见》^⑦等文件,也在技术研发、平台建设、数据保障等方面提出了具体要求和支撑措施。这些政策不仅通过专项资金、税收优惠、科技项目等方式,为企业智能化转型提供了实质性支持,也在标准制定、数据安全监管和产业生态建设上营造了

① 资料来源:Global Lighthouse Network, https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Lighthouse_Network_Unlocking_Sustainability_Through_4IR.pdf。

② 资料来源:Global Lighthouse Network, <https://www.weforum.org/publications/manufacturing-lighthouses-and-the-path-to-impact-adopting-ai-at-speed-and-scale/>。

③ 资料来源:Global Lighthouse Network, <https://www.weforum.org/publications/global-lighthouse-network-the-mindset-shifts-driving-impact-and-scale-in-digital-transformation/>。

④ 资料来源:Global Lighthouse Network, <https://www.weforum.org/press/2025/09/global-lighthouse-network-2025-world-economic-forum-recognizes-12-new-sites-driving-holistic-transformation-in-manufacturing/>。

⑤ 资料来源:中华人民共和国工业和信息化部, https://www.miit.gov.cn/jgsj/kjs/wjfb/art/2025/art_44dfda8e2220425daaa08501ec917f8f.html。

⑥ 资料来源:中华人民共和国国务院新闻办公室, http://www.scio.gov.cn/zdgz/jj/202309/t20230913_769106.html。

⑦ 资料来源:中华人民共和国工业和信息化部, https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202312/content_6923270.htm。

更加完善的制度环境。目前具备行业、区域影响力的工业互联网平台超340个,累计培育421家国家级智能制造示范工厂^①,为“灯塔工厂”等智能制造示范项目的推广奠定了坚实基础。

第三,技术应用与场景创新能力突出。与许多欧美企业在技术标准制定和推广上采取自上而下的路径不同,中国的“灯塔工厂”在发展过程中更强调“技术与场景耦合”的实际效果。换句话说,中国制造业的转型并非“标准先行的范式迁移”,而是“场景驱动的渐进式范式跃迁”,这种“技术与场景耦合”的特征,是中国“灯塔工厂”在演进过程中形成的实用主义演进范式。与欧美企业侧重“软件定义”和“架构先行”的自上而下路径相比,中国路径对制造业转型升级的影响更为深远且具差异化。

一是可以降低转型门槛,实现“小切口、深突破”。欧美模式往往要求企业先建立整套工业4.0参考架构等高精尖标准,这对于大量处于2.0或3.0阶段的中国中小企业而言门槛极高。中国“灯塔工厂”强调针对痛点精准施策,如三一重工北京桩机工厂,并未盲目追求全自动化“样板间”,而是聚焦于“大型重载工件的柔性装配”这一极端复杂场景。通过将AI视觉感知与焊接机器人深度耦合,解决了超大零件位姿不固定的痛点^②。这种从具体生产束缚中寻找技术结合点的模式,使转型不再是昂贵的“交钥匙工程”,而是可分步实施的进化过程,显著提升了中国制造转型的渗透率与容错率。

二是知识显性化,实现“隐性工匠经验”的数字化萃取。中国制造业拥有全球最复杂的生产场景和规模最大的产业工人群众,“技术与场景耦合”本质上是将生产线上的隐性知识,如资深工人的质检眼力、设备维护的直觉等通过AI算法和传感器进行显性化和标准化。如美的顺德工厂,在产品质检环节的演进中,并非简单套用通用的图像识别标准,而是通过构建的工业视觉检测云平台,将资深质检员观察微波炉内胆缺陷的“眼力”和“手感”进行数字化建模。通过在关键工位部署高精度传感器与定制化算法,将几十年的工匠经验转化为可编程的工业软件^③。这种“干中学”路径,不仅展示了中国利用“庞大工人群众”这一优势,将隐性经验显化为数字资产,更实现了制造能力的体系化与规模化复制。

三是通过“事实标准”主导全球话语权,标准制定的竞争已从“实验室理论”转向“大规模应用场景”。中国“灯塔工厂”凭借全球领先的应用场景规模,正在形成“事实标准”。当海尔卡奥斯或美的美云智数在数千家跨行业企业中成功落地后,其定义的接口、协议和算法模型自然成为了行业准则,成为智能制造场景创新的典型样本(吕文晶等,2019;张延平等,2025)。

可以看出,中国作为全球最大的“机器人训练场”,展现出在迭代中进步的惊人速度,使中国制造正在摆脱“欧美定义标准、中国执行标准”的被动地位,转而通过场景的丰富性与复杂性倒逼全球技术标准的修订,实现在全球价值链中从“跟随者”向“治理者”的身份转换。

第四,中国企业在绿色制造与能效管理方面快速追赶。近年来,中国的“灯塔工厂”普遍在节能降耗、碳排放管控以及循环利用等领域取得突破性进展。这一趋势反映出中国制造业不再仅依靠成本优势竞争,而是通过技术创新和管理优化主动融入全球绿色转型浪潮。例如,工业富联的深圳观澜工厂通过人工智能、物联网等新一代信息技术,实现了对材料回收、碳足迹监测以及生产流程的全面优化,在绿色发展上实现了创新与突破,使得碳排放总量下降了约24%(即范围1和范围2排放),供应链环节的间接碳排放(即范围3排放)减少了42%,可回收材料在生产体系中的占比也提高至55%至75%(鄧小平,2024)。这表明,中国“灯塔工厂”不仅追求效率提升,也在积极适应全球碳减排政策的外部压力,具备与国际标准接轨的能力,更展示了中国企业在绿色标准竞争中的能力。

① 资料来源:中华人民共和国工业和信息化部, https://www.miit.gov.cn/xwfb/mtbd/twbd/art/2025/art_b6a6ae7673f942efb3932b460239d8aa.html。

② 资料来源:三一集团官网, <https://www.sanygroup.com/news/9489.html>。

③ 资料来源:英特尔 & 美的联合官方案例, <https://www.intel.cn/content/www/cn/zh/artificial-intelligence/midea-industrial-visual-inspection-system.html>。

(三) 中国“灯塔工厂”与世界“灯塔工厂”的比较分析

1. 国际分布对比

在“灯塔工厂”的全球版图上,截至2025年9月的最新数据显示,中国的领先地位在数量上是明确且压倒性的,而且中国的这种主导地位不仅体现在存量上(占总数的42.3%),更体现在增量上(占新成员的50%)。与中国的快速增长相比,传统制造业强国在“灯塔工厂”网络中的表现则相对滞后,无论是从总数还是从新成员的增长速度来看(均占比5%左右),其规模都无法与中国相提并论^①。

具体来看,德国的“灯塔工厂”集中在工业自动化和机械制造领域,与其传统强项高度一致;韩国的优势体现在支柱产业上,其“灯塔工厂”均是其国家级支柱企业(如现代、LG、浦项),数字化转型集中在核心优势产业;美国聚焦高价值领域,其“灯塔工厂”分布在材料科学、医疗等高附加值和技术密集型行业;日本侧重于精密与质量,其“灯塔工厂”体现了日本在精密工业和高质量消费品制造方面的深化应用;中国在规模和广度上,其数量和行业覆盖广度均处于绝对领先地位,几乎覆盖了制造业的所有主要类别,展现了其作为“世界工厂”向“智能制造中心”全面转型的态势。

2. 优势的本质:从“数量主导”到“异构竞争”——基于代表性“灯塔工厂”的国际对比

“全球灯塔工厂网络”汇集了全球最先进的生产力,是衡量第四次工业革命技术应用成就的黄金标准,“灯塔工厂”代表了那些在运营、可持续性和人才发展方面,成功大规模应用数字技术实现阶跃式提升的生产基地,其成员正在定义制造业的未来。那么在第四次以智能化技术为主的工业革命浪潮下,中国“灯塔工厂”相对于世界其他“灯塔工厂”是否具有竞争优势?如何保持全球竞争力?鉴于此,本文这里选取全球“灯塔工厂”网络里高科技行业的代表性制造企业进行分析,以期通过中国与世界其他传统制造强国“灯塔工厂”的统计对比,从中提炼关键的发展特征。

这里需要指出的是,全球“灯塔工厂”入选名单里同时满足属于同一行业不同国家(中国、美国、韩国、德国、日本)的企业样本有限,由于横向对比的需要,本文选取中国的京东方、美国的强生、韩国的LG、德国的西门子和日本的日立为“灯塔工厂”里同属于高科技行业的代表性制造企业。

其一,本研究并非基于“行业相似性”进行静态财务对标,而是基于“数字化成熟度”与“产业链治理能力”进行的跨国横向比较,进行这些企业在人工智能应用场景和产业链角色上的对标。所选的五家企业(京东方、强生、LG、西门子、日立)在各自国家的工业体系中均扮演着“产业链链主企业”的角色,且其“灯塔工厂”均代表了该国在AI赋能下的最高生产力标准。

其二,人工智能作为通用目的技术,其影响是跨行业、系统性的。无论是京东方的半导体制造、西门子的工业软件,还是强生的生物制药,AI解决的底层逻辑都是相同的——即“通过数据闭环降低决策的不确定性”。因此,观察AI对这些“技术前沿企业”生产率的边际提升,具有普适性的理论意义。

其三,与“灯塔工厂”体系的关联具有代表性,这五家企业均为世界经济论坛(WEF)评选出的“灯塔工厂”领军者。京东方代表中国在高精尖、大批量制造领域的赶超逻辑,其利用AI进行毫秒级检测与废品预测,体现出极限的良率控制;强生代表美国在高附加值、法规密集型行业的数字化转型,其“端到端”的敏捷响应主要表现在AI驱动的全球需求感知与个性化定制;LG代表韩国在电子与能源领域对全球供应韧性的重构,其数智化物流协同实现了AI优化复杂的全球零部件供应链与柔性装配;西门子代表德国工业4.0的范式,即数字化标准驱动的生产率提升,通过软件定义制造,将物理生产线完全虚拟化,构建数字孪生架构;日立代表日本制造业如何通过“经验显性化”维持全球竞争力,其利用Lumada平台将传统制造经验(OT)算法化,实现IT-OT的深度融合。

其四,在进行比较的时候不比绝对值,比如不进行西门子和京东方的净利润率对比,而是更多地从对比它们AI大规模应用前后的相关指标的变动率来进行分析。因此,在人工智能驱动的产业链重构背景下,“数字赋能的同质性”已超越“产品产出的异质性”。选取这五家企业,一方面是因为其在全球灯塔

^① 资料来源:Global Lighthouse Network, <https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/home>。

网络(GLN)中的标杆地位确保了样本的代表性;另一方面,它们分别代表了中、美、韩、德、日五大制造强国在资本密集度与技术复杂度最强的转型路径。通过对比这些“高科技顶尖企业”在AI介入后的生产函数变化,可以更清晰地捕捉全球产业链重构的共性规律与国别差异。

本文将时间节点定义为2015年和2023年,2015年处于AI大规模应用前夕,是传统自动化(如精益生产、六西格玛)达到顶峰,而数据驱动的智能制造和深度学习尚在萌芽的临界点(Rüßmann et al., 2015)。2023年处于AI应用加速期,生成式AI的爆发和“物理AI”(即与物理世界交互的智能机器人)概念的成熟,开始从根本上重塑生产关系(Michael et al., 2023)。本文旨在通过对比这五家代表性“灯塔工厂”企业(京东方、强生、LG、西门子、日立)在两个节点的财务与运营数据,分析智能化技术尤其是智慧机器人大量运用后成本的动态变化,揭示不同战略选择导致的成本结构与生产效率演变。

本研究采用定量比较分析方法,数据完全来源于所选公司的年度报告或公开的财务文件。为确保分析的严谨性和可比性,同时鉴于数据的可得性,本文选取了以下关键财务与运营指标:一是成本结构分析:销售成本(Cost of Sales / COGS)占总营收的百分比,衡量核心制造、原材料及生产过程的效率;销售、一般和行政费用(Selling, General & Administrative Expenses, SG&A)占总营收的百分比,衡量品牌建设、渠道分销、营销推广及企业运营的效率;研发费用(Research & Development Expenses, R&D)占总营收的百分比,衡量企业对未来创新、技术壁垒和“智能化”转型的投入强度。二是劳动力要素分析:期末员工总数,衡量企业的人力资本密度;人均营收(Revenue per Employee),作为劳动生产率的核心代理指标。三是投资强度分析:研发费用占总营收的百分比,衡量企业的研发强度和创新驱动力,是判断企业技术属性的关键指标。

以上数据清晰地勾勒出当前全球制造业的“双杠铃”格局:一端是以中国为首,依托超大规模和供应链深度,旨在主导现有市场的“效率模式”;另一端是以美国为首,以颠覆性技术和软件定义为核心,旨在定义新市场的“创新模式”。德、日、韩等国则在两者之间,通过精益生产与数字化的融合寻找生态位。这场AI驱动的变革,正催生出多元化的智能制造新范式。

一是中国的规模与效率悖论。其“灯塔工厂”具有强大的制造规模,但也面临着重资产模式下的成本和效率挑战。如表1所示,以京东方为典型代表,作为资本密集型企业,物理成本高达89.8%。其智能制造的核心并非消除物理成本,而是通过AI(如机器视觉质检)与大数据分析极限提升生产“良率”。其7.2%的高研发投入(17.7亿美元)是驾驭高物理成本、实现规模效应的必要条件。

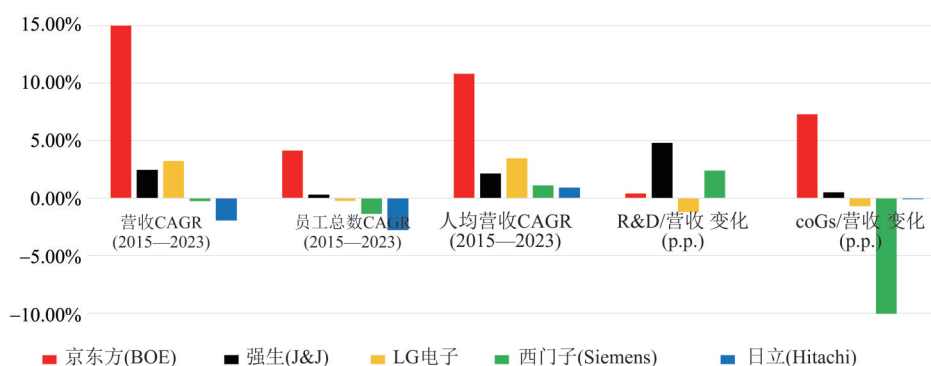
表1 全球代表性“灯塔工厂”企业成本结构与生产率对比

灯塔工厂	年份	营收	COGS	SG&A	R&D	员工人数	人均营收	COGS/营收	研发/营收
京东方	2015	7.80	6.44	0.48	0.53	65,116	119,800	82.5%	6.8%
	2023	24.65	22.13	0.78	1.77	90,563	272,216	89.8%	7.2%
强生	2015	70.07	21.54	21.20	9.05	127,100	551,300	30.7%	12.9%
	2023	85.16	26.55	21.51	15.09	130,000	655,069	31.2%	17.7%
LG	2015	49.93	38.56	7.08	2.10	74,000	674,780	77.2%	4.2%
	2023	64.44	49.28	9.17	1.95	72,813	885,006	76.5%	3.0%
西门子	2015	83.90	59.54	12.63	4.96	348,000	241,092	71.0%	5.9%
	2023	82.13	49.87	15.13	6.79	312,000	263,228	60.7%	8.3%
日立	2015	80.76	59.47	16.00	-	336,670	239,880	73.6%	-
	2023	69.24	50.86	12.99	-	268,655	257,732	73.5%	-

数据来源:各大上市公司的年度财务报表,其中日立合并损益表的研发费用被合并计入销售成本(COGS)或销售、一般和行政费用(SG&A);LG2015年SG&A由销售费用(6.61T KRW)和管理费用(1.41T KRW)合并计算;京东方的研发费用在不同文件中存在差异(报表里汇报的是113.20亿),本文在数据收集集中优先采用最权威的官方披露,即其2023年度报告新闻稿中明确披露的125.63亿,参见<https://www.boe.com/company/dynamic-c5baceddddbd40309ae1d7e6406563f5>。为确保跨国比较的可比性,所有本地货币(CNY, EUR, JPY, KRW)均被转换为美元(USD),单位:十亿美元。

二是美国的知识产权护城河。强生的模式与京东方截然相反：表1中物理成本(COGS)仅31%，而研发(R&D)占比高达17.7%(150.9亿美元)。其研发投入的飙升是对未来营收的前置投资，体现了“智能即产品”的逻辑。其智能制造重点在于追求极致的质量与合规性，而非降低物理成本。

三是欧日韩的数字化转型路径。LG、西门子与日立这三家传统工业巨头，正各自探索着从重资产向数字化转型的不同路径。LG作为效率黑马，物理成本虽高(76.5%)，但通过精益自动化和向高利润B2B市场转型，实现了“价值脱钩”。其人均营收达88.5万美元，展现了极致的自动化成效。西门子更像是软件赋能者，如图1所示2015—2023年间，其物理成本(COGS)占比下降10.3%，研发占比上升2.4%。31.2万庞大的员工总数并不代表低效，反而反映了其业务中有大量高薪的软件工程师和研发人员，他们是西门子的“智力资产”，而非制造(COGS)的成本项。日立还处于转型阵痛，与西门子类似，日立也在向数字解决方案转型，但其物理成本和销售管理费用(SG&A)仍保持高位，人均营收停滞(见图1)，显示其在结构性分离“物理”与“数字”成本方面面临更大挑战。



注：计算了八年间(2015—2023)关键指标的复合年均增长率(CAGR)和百分点(p.p.)变化，直观地揭示了各公司转型的速度与方向。其中日立的合并损益表未单独披露研发费用(R&D)，被合并计入销售成本(COGS)或销售、一般和行政费用(SG&A)。

图1 关键动态指标变化率(2015—2023)

以上分析表明，不存在“最优”的成本结构，只有最适应其行业和战略的结构，最终真正的“AI工厂”的胜利者，将是那些能利用AI和自动化重新定义其核心成本结构的公司。可以看出，中国的优势在于“非对称性”，不一定在AI底层软件赛道上正面超越美国，而是利用全球最大的制造基地和海量应用数据，在“效率与应用”层面实现极致赋能。

四、从制造到智造：中国“灯塔工厂”发展的世界意义

中国的“灯塔工厂”不仅是本土产业升级的典范，更是全球工业4.0浪潮的实践者、新技术应用的扩散者、可持续发展的引领者以及全球价值链重塑的推动者。它们通过大规模应用人工智能、物联网、5G等前沿技术，成功跨越了“试点困境”，实现了效率、成本、质量、韧性和可持续性的全面突破，为全球制造业的未来发展提供了可复制、可借鉴的“中国方案”。这充分证明了中国“灯塔工厂”的发展以其规模优势、技术创新和全球辐射力，正在重塑全球制造业格局，成为推动第四次工业革命的核心引擎。此现象不仅标志着“中国制造”正加速向“中国智造”的根本性转变，更在全球范围内产生了深远的世界意义。本文将从智能制造标准、绿色制造、产业链升级、人才培养和技术创新突破这五个维度进行深入剖析。

(一) 智能制造标准的全球引领者

中国正在从“制造大国”迈向“标准引领型智造强国”，并通过“灯塔工厂”的全球扩散，逐步确立其在智能制造标准与产业治理体系中的领导地位。近年来，中国企业不仅在国内推动了制造业数字化、智能

化转型,更通过海外投资与合作,将成熟的智能制造体系和管理经验“输出”至全球。许多中国“灯塔工厂”已成为国际生产网络中的“智造中枢”,其技术标准、算法框架及管理模式正在被全球同行采纳,打破了长期以来由西方国家主导工业标准与技术规则的格局。这一趋势也表明,未来全球制造业的核心竞争,不仅在于生产效率与技术能力,更在于标准制定力与产业治理力的比拼。

中国“灯塔工厂”正通过技术输出与标准共建推动全球制造业的均衡发展。例如,中信戴卡摩洛哥工厂作为非洲首家“灯塔工厂”,将中国铝车轮制造技术与当地再生铝资源结合,使产品缺陷率下降31.1%,并帮助摩洛哥建立了首套绿色供应链国家标准^①;联想墨西哥基地通过“中国算法本地执行”模式,实现43%的库存削减,交货时间减少85%,有效提升了供应链协同效率,实施了超过60项数字化解决方案,其语音交互系统甚至成为拉美制造业人机协作的新标准^②;广汽埃安番禺工厂作为全球唯一的新能源汽车“灯塔工厂”,是具有榜样意义的“数字化制造”示范者,已实现600余台机器人与40余个工业4.0用例的深度融合,每53秒即可下线一辆汽车,生产效率提升50%,交付周期缩短33%(武威,2025);海尔集团旗下的卡奥斯工业互联网平台已累计牵头或参与制定12项国际权威标准,成为首个在ISO、IEC和IEEE三大国际标准体系中实现全面覆盖的中国工业互联网平台(杨光,2025)。

可以看出,中国“灯塔工厂”不仅是国内制造业高质量发展的标志性成果,更成为推动全球制造体系转型与标准体系重塑的重要力量。通过标准共建与制度输出,中国正从“智能制造的参与者”加速转变为“全球规则的塑造者”。

(二)绿色制造的全球实践标杆

中国“灯塔工厂”在绿色制造领域的探索,已经成为全球可持续工业转型的重要参照。与传统节能降耗的做法不同,这些工厂将碳中和目标系统性地嵌入全产业链环节,从原材料采购、能源利用到产品回收的每个阶段,都在探索可复制、可推广的低碳转型模式,形成了兼顾经济效益与生态责任的“绿色范式”。

例如,重庆美的通用制冷工厂率先构建了“分布式光伏和储能”一体化能源系统,实现了约40%的绿色电力自给率。通过引入数字化能耗监测与智能排产系统,其单位产值碳排放量较五年前下降了35%。更具创新意义的是,该工厂还联合上下游合作伙伴成立了“减碳联盟”,推动23个工业园区共同采用零碳制造解决方案,带动整个产业链协同实现节能与减排(吴刚,2025);施耐德电气无锡工厂则通过部署数字孪生系统和智能能源管理平台,实现了生产全过程的动态能效优化。在短短两年时间内,其范围1和范围2的碳排放量减少了90%。同时,通过循环经济的商业模式,工厂将旧变频器进行翻新再利用,使产品碳足迹降低约60%。除自身深耕绿色可持续发展实践外,施耐德电气无锡工厂更积极搭建开放协同的绿色创新生态体系,通过资源共享与合作共创赋能产业链绿色转型,发起的供应商“零碳计划”目前已经带动270多家中国供应商平均减碳42%^③。

从宏观趋势来看,绿色制造已成为全球“灯塔工厂”网络的新增长极。数据显示,2023年至2025年间,“可持续灯塔”的比例由9%上升至13%,其中约45%的新增案例来自中国^④。这一变化表明,中国企业不仅在生产效率和数字化转型方面取得突破,也正在成为全球绿色制造标准的积极塑造者与引领者。更值得关注的是,中国与印度等新兴经济体的部分“灯塔工厂”正从单纯优化自身排放,扩展到覆盖供应链的范围3排放治理。这些工厂通过推动循环利用、绿色包装以及资源再生管理,实现了能源效率、物

① 资料来源:中信集团, https://www.group.citic/html/2025/News_0114/2829.html。

② 资料来源:中国日报, <https://caijing.chinadaily.com.cn/a/202509/17/WS68ca8477a310f07257749054.html>。

③ 资料来源:新华网, <http://csj.xinhuanet.com/20250429/38a00706ba174a44853beb0e2404cf97/c.html>。

④ 资料来源:Global Lighthouse Network, <https://www.weforum.org/press/2025/09/global-lighthouse-network-2025-world-economic-forum-recognizes-12-new-sites-driving-holistic-transformation-in-manufacturing/>。

料循环与环境友好的协同提升^①。这种从“厂内优化”向“链上共治”的转变,标志着全球可持续制造正在从局部行动走向系统性变革,也意味着中国经验正成为全球工业绿色转型的重要动力源。

(三)产业链韧性提升的全球催化剂

在地缘政治紧张、贸易保护主义上升与供应链中断风险频发的全球背景下,提升产业链供应链韧性与敏捷性已成为全球制造业转型的核心议题之一。而中国的“灯塔工厂”正通过智能制造与数字化协同,为全球价值链的重塑与韧性提升提供“中国方案”。

第一,增强全球供应链的韧性与透明度。许多中国“灯塔工厂”已成为跨国企业全球生产体系中的关键节点。它们通过建设高水平的工业互联网平台,实现与全球供应商、客户的实时互联互通,构建起覆盖全流程的“数字孪生”运营模式。这种模式提升了供应链的可视化与响应速度,使企业能够在全球市场波动中更高效地协调生产与物流,显著增强了全球供应体系的抗风险能力。

第二,促进制造业“近岸化”与“本地化”的动态平衡。中国“灯塔工厂”的实践表明,智能制造并非简单推动制造业回流发达国家,而是在推动全球生产体系的再分工与优化布局。依托智能化生产和数据驱动决策,中国制造企业能够承担更多高附加值、高复杂度的制造任务,更精准地响应不同地区的定制化需求,从而保持其在全球价值链中的核心位置。

第三,数字化协同带动产业链整体升级。中国的“灯塔工厂”通过“端到端”的数字化重构,正在形成强大的“灯塔效应”,以技术外溢和协同创新的方式辐射全球产业链。例如,海尔郑州热水器工厂构建的“用户需求—研发—制造—物流”一体化系统,深度联动88家模块商及270余家服务网点,通过数字化供应商协同管理平台,有效辐射周边模块供应、模具研发、工业设计等产业链相关领域,全面赋能区域产业链协同升级^②。展现出中国制造在全球产业链韧性提升中的“催化剂”作用。

(四)劳动力转型的全球试验场

在全球制造业加速智能化、数字化转型的进程中,劳动力结构的重塑成为一项全球性挑战。技能供给与岗位需求之间的不匹配——即“技能错配”(skill mismatch)——已成为影响产业升级效率和社会就业质量的关键瓶颈。中国的“灯塔工厂”正在这一领域率先探索,通过人机协作、岗位再设计与职业教育创新,为全球制造业的人力资源转型提供了实践样本。

机制一是岗位重构削减“认知错配”,错配的原因之一在于技术门槛过高,超出了现有工人的技能储备。特别具有前瞻意义的是,中国“灯塔工厂”提出并实践了“未来工位”概念。“未来工位”通过AR或者VR、视觉辅助等技术,降低了复杂操作的认知门槛。这种“机器赋能人”的逻辑,本质上是通过技术手段使原本“技能不足”的工人能够胜任“高技术岗位”,从而在不更换人员的前提下消弭了技能鸿沟。比如福田康明斯的“未来工位”是一个开放、集成、可演进的智能作业系统,集成了智能料灯视觉防错、毫秒级视觉识别、四足机器狗及人形机器人等关键技术,构建了“数据驱动—柔性配置—人机协同—质量内置”的完整闭环,实现了从“人适应机器”到“机器赋能人”、从“固定产线”到“可重构单元”等制造逻辑的变革^③。这一创新正在重新定义全球制造业的人力资源配置逻辑,使得发展中国家有机会跨越传统的流水线阶段,直接进入以智能制造为核心的新型工业体系。

机制二是内生化培训体系应对“结构性断层”,很多时候技能的错配还源于社会教育体系的滞后。2018至2021年间,富士康科技集团携手国内知名高校深圳学院联合开设“工业互联网”技术与管理专项研修项目,助力企业员工搭建业务场景下的“数字化—智能化”新型技能体系^④。“灯塔工厂”通过与高校

① 资料来源:Global Lighthouse Network, <https://www.weforum.org/publications/global-lighthouse-network-the-mindset-shifts-driving-impact-and-scale-in-digital-transformation/>。

② 资料来源:郑州经济技术开发区管委会, <https://www.zzjkq.gov.cn/zwdt/8243630.jhtml>。

③ 资料来源:新华社, <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1845924983402500477&wfr=spider&for=pc>。

④ 资料来源:新浪财经, https://k.sina.com.cn/article_1678512213_640c105500101840o.html。

合作,在企业内部建立了“微型大学”,这种“产教深度融合”模式,直接在业务场景中完成技能灌输,弥补了社会人才供给与产业即时需求之间的“时间差”和“内容差”。

机制三是劳动力层次的“梯度跨越”与“回流”,劳动力错配常导致低技能劳动力被排斥出价值链。以郑煤机智慧园区为例,其在焊接、装配等高风险环节引入了协作机器人,实现了传统人工岗位的大幅替代。一线操作工人数减少至200人,远低于市场上的700余人,而工人角色已经转型为工程师及技术管理类岗位。这种结构性调整并非单纯的“减员增效”,而是伴随着工人复合型技能水平的整体跃升^①。郑煤机的案例展示了由“蓝领”向“灰领”乃至“金领”的转型趋势,证明了“灯塔工厂”能够提供“职业阶梯”,意味着劳动者不再只是生产线的执行者,而逐渐成为智能设备的操控者、数据分析者与系统维护者;通过岗位提升,原本面临失业(错配最严重后果)的工人被重新吸纳进数字化管理流程。这彰显了“灯塔工厂”具有“社会减震器”的功能,防止了技术进步引发的大规模结构性失业。

综上所述,中国“灯塔工厂”对劳动力转型的意义,在于其提供了一套“内生性错配解决方案”,不仅通过技能升级提升了劳动力的“增量”,更通过岗位再设计优化了存量劳动力与新技术的兼容性。这种转型逻辑的重心,已从单纯的效率压榨(即技术驱动)转向了人机共生下的价值创造(即人本驱动),从而在全球范围内为缓解技术性失业提供了极具参考价值的“中国方案”。

(五)技术普惠的全球播种机

在全球范围内,许多制造企业在推进工业4.0转型的过程中,普遍面临所谓的“试点困境”,也就是新技术在小范围试验中表现良好,却难以实现大规模推广与复制。造成这一问题的根本原因在于,技术部署不仅需要硬件和算法的升级,更需要跨部门、跨企业乃至跨产业链的系统性协同。而中国的“灯塔工厂”实践,正在为这一全球性难题提供新的解决思路。

以海尔为代表的中国“灯塔工厂”群展现了突破“试点困境”的独特路径。海尔通过搭建统一的工业互联网平台,使旗下多座“灯塔工厂”实现了数据互联、流程协同与知识共享。海尔已累计打造12座“灯塔工厂”,这些工厂能够形成不断进化的智能制造生态圈,成功构建起全球独一无二的行业“灯塔集群”。卡奥斯COSMOPlat凭借跨界赋能模式,已成功助力打造16座世界级“灯塔工厂”,覆盖行业范围处于全球领先水平,截至目前,平台累计链接企业数量突破90万家,直接服务企业达16万家^②,不同工厂之间能够在同一数字化底座上协同优化生产计划、共享设备与算法模型、联合推动技术创新,从而构建出一个互联互通、持续学习与自我进化的智能制造生态体系。这种网络化的“灯塔集群”不仅点亮了不同地区的智能制造示范,也通过集群效应汇聚成更具全球影响力的创新之光。

这一“灯塔效应”的扩散正在跨越国界。海尔胶州空调互联工厂便是典型案例,作为全球首个外销空调“灯塔工厂”,海尔以“In China for Global”的模式,将数字孪生、大数据、生成式人工智能等应用于设计、生产与供应链环节,形成了“世界的互联工厂”新范式(刘钊,2024)。该工厂产品出口至全球130个国家和地区(陈凌馨,2024),不仅实现了“从大规模制造到大规模定制”的转型突破,还为“全球南方”国家探索可复制的现代化工业化路径提供了实践样本。这种基于中国实践的“技术出海”,不仅体现了中国制造业从成本驱动向价值驱动的战略转型,也深刻改变了全球技术扩散的结构性格局。

更为重要的是,中国“灯塔工厂”在工业物联网、云计算、人工智能与边缘计算等关键技术的集成和规模化应用方面,展示了独特的系统整合能力。面对中国制造业“超大规模、超高复杂度、超快节奏”的现实环境,“灯塔工厂”通过AI驱动的柔性排产、供应链智能控制塔、动态能耗优化系统等,实现了在复杂度指数级上升条件下的高效运行。例如,在消费电子与汽车制造等多品种、小批量、快速迭代的行业中,这些智能系统显著提升了生产效率与供应链响应速度,证明了智能制造不仅可行,而且可以在大规模条

^① 资料来源:大河财立方, <https://app.dahecube.com/nweb/pc/article.html?artid=223164?recid=506>。

^② 资料来源:新华网, <https://www.news.cn/tech/20250917/29f5001b0b584345877b2bade9ae6da1/c.html>。

件下稳定运行。因此,中国“灯塔工厂”的意义已超越企业层面,在破解工业4.0规模化落地困境、构建普惠型技术扩散机制以及推动南北产业合作方面,都发挥了“技术播种机”的作用。可以说,这些“技术播种机”不仅推动了中国制造业高质量转型,也在为世界范围内的智能制造普及与数字化发展注入新的活力。

五、结 语

“灯塔工厂”不仅是工业4.0技术象征,更是劳动密集型产业向智能制造转型的关键中介与载体。必须明确的是,当前的“灯塔工厂”代表了一定程度的数字化,是制造业向智能化迈进的阶段成果,而非数字化的终极形态。其意义在于,它作为连接传统机械化生产与未来全感知智能工业的“中继站”,通过生产要素重组与数据流闭环,为全球工业体系提供了系统性的演进样本。中国“灯塔工厂”的快速崛起,正是依托完整的产业链基础,将“世界工厂”的供给能力推向了高度自动化与数字化的新阶段。

然而,在“供强需弱”与全球产业链重构的宏观背景下,单纯的技术领先不足以支撑产业的可持续性,必须从供需双侧寻找平衡。“灯塔工厂”所代表的高效率、高定制化供给,急需深度嵌入“超大规模国内市场”的宏观框架中。建设强大的国内市场,不仅是为了消纳“灯塔工厂”释放的优质产能,更是通过内需驱动技术迭代,将规模效应转化为创新红利。唯有将先进生产力与全国统一大市场的深度耦合,才能在波动中确立产业主权,实现供需的高水平动态平衡。

因此需要科学把握的政策取向是,一方面疏通渠道,解决“大市场”如何统一起来,让“先进生产力”跑得通。一是破除地方保护与准入壁垒,确保“灯塔工厂”的先进工艺与创新产品能在全中国范围内顺畅流通;二是构建统一的工业数字化标准体系,消除不同区域、行业间“技术孤岛”,实现生产要素的跨域优化配置;三是推进工业互联网平台的整合,打破行政边界,以数据流带动资金流、人才流向高效率节点集聚。

另一方面是资源配置,解决如何利用市场优势反哺技术升级。一是建立健全全国性绿色低碳认证机制,让“灯塔工厂”的低碳溢价在统一大市场中获得市场认可与竞争优势;二是优化数字基础设施的战略布局,打通算力与能源的跨区域调度,为先进生产力提供成本领先的底层支撑;三是创新市场监管与包容审慎制度,为“灯塔工厂”衍生的新业态、新模式在全国市场的快速推广预留制度空间。

展望未来,生成式AI将重塑工业创新体系,推动“灯塔工厂”向更高层级的智慧形态演进。中国“灯塔工厂”的实践不仅为“全球南方”提供了可复制的现代化路径,更通过高水平对外开放,证明了现代化是一个普惠共享的进程,为全球制造业迈向“智慧共生”提供了中国方案。

[参 考 文 献]

- 昌道励,许宁宇.“链式改造”以大带小重构“广东造”.南方日报,2024—08—14(A01).
- 陈东,郭文光.数字化转型、工资增长与企业间收入差距——兼论“灯塔工厂”的行业引导效应.财经研究,2023(4):50—64.
- 陈凌馨.海尔智家:用“灯塔工厂”制造品牌的“灯塔”.中国经济时报,2024—11—03(T11).
- 董明,孙琦.动态能力视角下制造业价值链的数字化重构路径——全球灯塔工厂案例分析.工业工程与管理,2022(5):197—208.
- 郜小平.广东首家“可持续灯塔工厂”落户深圳.南方日报,2024—10—11(B03).
- 李雪灵,刘源.制造业数字化转型的悖论治理——基于我国“灯塔工厂”企业的案例研究.研究与发展管理,2023(6):1—18.
- 刘宏宇,张娟.“链式改造”潮涌南粤 数字转型奔腾向“新”——战略性产业集群发展“广东样本”见成效.新华月报,2024(20):42—46.
- 刘钊.海尔智家:以智能制造驱动全球化进程.证券日报,2024—11—08(B02).
- 刘志彪,徐天舒.我国制造业数字化改造的障碍、决定因素及政策建议.浙江工商大学学报,2023(2):92—105.
- 吕文晶,陈劲,刘进.智能制造与全球价值链升级——海尔COSMOPlat案例研究.科研管理,2019(4):145—156.

- 王政,刘温馨. 五年来,我国制造业“家底”更厚实. 人民日报,2025—09—10(03).
- 吴刚. 重庆首家“零碳灯塔工厂”这样诞生. 重庆日报,2025—04—11(04).
- 武威. 全球唯一新能源车“灯塔工厂”大揭秘. 广州日报,2025—02—12(A12).
- 新华社. 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议(二〇二五年十月二十三日中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议通过). 人民日报,2025—10—29(01).
- 薛金萍,陈毅莹. “灯塔工厂”的发展及启示. 宏观经济管理,2024(7):83—92.
- 杨光. 120项:海尔用标准化提速全球化. 青岛日报,2025—03—13(01).
- 张延平,郭波武,李世杰,王梦莹. 链主企业如何牵引产业绿色低碳发展? ——基于海尔“可持续灯塔工厂”建设的案例研究. 管理世界,2025(6):199—226.
- Michael, C. , Lareina, Y. , Bryce, H. , et al. *The State of AI in 2023: Generative AI'S Breakout Year*. Atlanta: McKinsey Global Survey, 2023.
- Rüßmann, M. , Lorenz, M. , Gerbert, P. , et al. *Industry 4. 0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston: The Boston Consulting Group, 2015.

“Lighthouse Factories”: The Global Significance of China's Intelligent Manufacturing Benchmark

Liu Zhibiao, Yan Wenqin

Abstract: Against the backdrop of the Fourth Industrial Revolution in global manufacturing, this paper focuses on the “Lighthouse Factories” designated by the World Economic Forum. Investigating the rise of China's “Lighthouse Factories” is of profound theoretical and practical significance for understanding the strategic transformation logic and the trajectory of global influence formation in China's manufacturing sector in the new era. From a global perspective, this study systematically analyzes the development of China's “Lighthouse Factories”, focusing on three core aspects: first, how “Lighthouse Factories” serve as a critical carrier for China's transition from the “World's Factory” to a “Smart Manufacturing Power”; second, the evolutionary logic of Lighthouse standards and the transformation and upgrading of Chinese manufacturing within the global Lighthouse network; and third, the global significance of China's Lighthouse development across dimensions such as smart manufacturing leadership, green transition, supply chain resilience, labor force transformation, and technological inclusivity. The study concludes that the rise of China's “Lighthouse Factories” not only reflects a strategic leap in “Smart Manufacturing in China” but also provides a replicable and scalable “China Solution” for the intelligent, green, and integrated transformation of global manufacturing, serving as a pivotal force in driving the evolution of the Fourth Industrial Revolution.

Keywords: “Lighthouse Factories”; intelligent manufacturing; Chinese solution; global significance

【责任编辑:周吉梅;责任校对:周吉梅,赵洪艳】