

工业 4.0 驱动供应链数字化转型

王蕊

布勒莱宝光学设备（北京）有限公司 北京

【摘要】在工业 4.0 时代，以物联网、大数据、人工智能等为核心的数字化技术驱动供应链转型，既可以促进企业运营效率提升，又可提升其核心竞争力，让其在新的竞争格局中抢占一席之地。本文在解读工业 4.0 与数字化内涵的基础上，系统梳理了供应链在工业 4.0 时代的转型趋势，探讨了工业 4.0 时代供应链数字化转型策略。研究指出，处于新时代的供应链正向着智能化决策、自动化运作、透明化协作、智能化预测与优化等方向转型。而企业要想顺利度过转型期，充分发挥数字化转型对供应链可持续发展的赋能作用，需合理运用物联网、激发大数据的要素作用、引入云计算、以人工智能赋能供应链运营创新。

【关键词】工业 4.0；供应链；数字化转型

【收稿日期】2025 年 7 月 14 日 **【出刊日期】**2025 年 8 月 23 日 **【DOI】**10.12208/j.jmba.20250036

The digital transformation of supply chain driven by industry 4.0

Rui Wang

Bühler Leibinger Optical Equipment (Beijing) Co., Ltd., Beijing

【Abstract】In the era of Industry 4.0, digital technologies centered on the Internet of Things (IoT), big data, and artificial intelligence (AI) drive the transformation of supply chains. This transformation not only enhances operational efficiency but also boosts core competitiveness, enabling enterprises to secure a position in the new competitive landscape. Based on an interpretation of the connotations of Industry 4.0 and digitalization, this paper systematically reviews the transformation trends of supply chains in the Industry 4.0 era and explores strategies for the digital transformation of supply chains in this era. The research indicates that supply chains in the new era are moving towards intelligent decision-making, automated operation, transparent collaboration, intelligent prediction, and optimization. To smoothly navigate the transformation period and fully leverage the enabling role of digital transformation in the sustainable development of supply chains, enterprises need to rationally apply IoT, stimulate the elemental role of big data, introduce cloud computing, and empower supply chain operation innovation with AI.

【Keywords】Industry 4.0; Supply chain; Digital transformation

引言

在全球竞争加剧、市场需求个性化趋势愈发明显的背景下，传统供应链管理方式因过度依赖手工操作、存在多方沟通低效、信息孤岛等问题，而无法满足新时代新要求，尤其是无法做到根据市场需求变化灵活调整运营模式。在此背景下，推动供应链数字化转型成为企业破局关键。以物联网、大数据、人工智能等数字化技术应用为核心的工业 4.0 战略，为企业攻克供应链发展难题提供了新方向、新指引、

新支撑。基于此，本文以推动供应链数字化转型为目的，分析工业 4.0 与数字化概念，指出新时代背景下供应链转型趋势与策略，为企业提供有价值的参考和启示。

1 工业 4.0 与数字化概述

工业 4.0 是指由德国提出的一个高科技战略计划，这个计划以通过物联网、大数据、人工智能、云计算等技术，推动制造业向智能化、互联化和柔性化转型为核心，强调设备、生产线、工厂及供应链各环节互

作者简介：王蕊（1976-）女，汉族，北京人，山东人，专科，初级工程师，研究方向：工业 4.0 运营转型与精益管理。

互联互通,以及以大数据分析优化生产流程和以小批量、多品种生产灵活应对个性化的市场需求^[1]。

数字化制造是工业 4.0 的基础和底层支撑,强调计算机、数字技术以及网络通信在生产过程管理和控制中的应用。其主要技术包括物联网、人工智能、云计算与边缘计算、5G 与数字孪生。其内容包括产品设计、生产规划、执行控制和物流等多个方面。

2 供应链数字化转型的基本趋势

一是智能化决策。在工业 4.0 时代,供应链决策正从经验驱动转向数据驱动,其核心在于依托人工智能(AI)、机器学习(ML)和大数据分析等技术,动态分析供应链数据,为决策提供更加真实、准确的参考^[2]。例如,基于历史销售数据、市场趋势及外部因素构建预测模型,用于预测产品需求变化,提升库存管理、订单处理的准确性、及时性;依托 AI 算法,调整生产策略,以动态优化生产计划的方式降本增效。

二是自动化运作。在工业 4.0 时代,以自动化技术取代人工操作,促进供应链可靠性和运营效率提升,是供应链数字化转型的一大趋势。其核心在于物联网、机器人流程自动化等技术在供应链全链路中的应用。例如,亚马逊通过引入 Kiva 机器人,提升供应链运营效率,促进人力成本降低等。

三是透明化协作。数字化技术与供应链运营的有机结合,可促进多方协同的供应链网络形成,推动供应链各方实时共享信息,打破信息孤岛,促进生态化合作格局形成^[3]。在这一方面,区块链技术、信息共享公平等发挥着重要作用。例如,沃尔玛依托区块链追踪食品供应链,促进从原材料到成品全程可追溯成为可能;361° 通过构建 5G+MES 信息共享平台实现供应链协同,促进生产、库存及物流数据实时同步。

四是智能化预测与优化。在大数据、人工智能等多项技术的支撑下,企业既可以精准预测市场趋势和客户需求,又可以以数据驱动资源配置优化,提高资源利用率,降低库存成本^[4]。例如,根据预测分析结果,企业可精准优化采购计划,避免一次性大批量采购造成大额资金被集中占用。

3 工业 4.0 时代供应链数字化转型策略

3.1 合理化运用物联网

物联网技术是一种以信息传感设备为载体,可

按约定协议连接实物与网络以及借助不同媒介交换信息的现代先进技术。它集识别、定位、跟踪和监管等多项功能于一体,是工业 4.0 不可缺少的关键技术之一,为供应链数字化转型提供强大支撑。所以,企业需在供应链数字化转型中科学运用物联网技术。

首先,灵活运用传感器、RFID 技术等设备与技术,构建全链路实时监测与追踪网络^[5]。具体做法包括(1)应用 RFID 技术,为货物生成唯一的电子标签,并将其粘贴在产品上。同时,利用 GSM 全球移动通信系统或卫星跟踪等手段实时定位与追踪产品运输全过程。(2)集成 GPS、温湿度传感器等设备,同步监控货物位置与环境状态。比如,依托温湿度传感器等设备,实时监测冷链环境,一旦发现异常数据,物联网系统会立即发出温度异常预警,提醒管理人员处理,从而规避食品、药品损耗。

其次,在库存管理优化方面,企业可利用传感器、RFID 搭建智能仓储管理系统,实现对仓库库存的自动盘点和实时监测、对货物存放条件的实时监控与自动预警。这对于企业动态调整采购策略、预防库存积压或缺货等具有重要意义。另外,在物联网技术的支持下,企业还可以基于历史销售数据、市场趋势等,实现按需自动化订补货,促进库存周转率提升。

再次,在预测性维护方面,物联网技术可实时监测设备运行状态,及时发现设备异常并提醒企业处理,帮助企业在短时间内高效完成针对不同类型的设备的维护与保养,有效降低设备维护与检修成本以及设备停机风险。此外,物联网监控还可辅助企业增强供应链韧性,缩短供应链中断恢复时间。

最后,在安全管理方面,物联网可为企业实时监测与预警、及时排除安全隐患提供技术支持,促进其安全事故响应和追溯能力不断提升。以某能源企业为例,它将物联网技术引入了安全管理中,构建了主动预控机制,实现了对能源温度、压力等参数的实时监测,若发现异常,系统将自动发出警告,辅助企业迅速响应。

3.2 发挥大数据的要素作用

在供应链数字化转型中,大数据发挥着重要作用。它作为第五大生产要素,可为企业决策与生产提供强大的资源保障,帮助其优化生产质量、节约能源、改进设备服务^[6]。以半导体制造商 Infineon(原

西门子半导体)为例,为降低生产失误率,它广泛地收集测试中的单片机数据,并与生产流程早期晶片成型阶段的数据进行关联分析。同时其还积累了一些典型模式辨识技巧,成功在前期精准排除残次品芯片,显著改进生产质量。所以,在工业 4.0 环境下,企业需收集和分析不同数据源,为后续的实时决策等提供更多有价值的参考。

一是以大数据分析技术预测市场需求,优化资源配置^[7]。以京东为例,为解决传统供应链运营成本的问题,它引入了基于大数据技术的数据直通车,用于采集、处理不同数据源;利用 JDHDFS 储存平台与 JDHBase 储存系统,存储数据;应用 Hiv 等计算工具,计算数据,全面分析各项指标,如销售数据、产品质量、运输效率等。同时,它还根据分析结果制定和调整采购计划与采购策略,提升采购方案的合理性,降低采购成本乃至运营成本^[8]。

二是以大数据赋能供应链各环节运作。在供应商管理方面,企业可通过分析供应商资质、历史履约数据及风险信息,筛选出优质的供应商,并与其建立合作关系,提升供应商准入效率,降低供应商合作风险。在生产制作环节,企业可通过实时采集与分析设备运行数据、市场运行数据等,优化生产计划,调整生产线参数,以满足市场需求。在物流配送方面,企业可通过分析交通、天气等多源数据,动态规划配送路线,实时跟踪配送全过程,以此降低配送成本,提高配送效率。例如,京东以大数据等技术为核心,布局跨境 2B/C 网络,用于满足进出口双向业务需求。

3.3 引入云计算

在工业 4.0 时代,跨地区、跨公司共享数据已经成为诸多企业推动供应链转型的关键^[9]。正因如此,部分企业更加重视基于云的软件的引入以及在企业 and 数据分析中的应用。近年来,随着云技术性能不断增强,其反应速度达到了毫秒级,同时,机器数据和功能也逐渐出现在云端,越来越多的生产系统数据服务应运而生。在此背景下,企业需从自身供应链实际情况出发,构建用于存储、处理和保护数据、降低供应链管理成本的供应链网络云平台,以促进供应链协同能力、数据资源协调与共享能力等不断提升。在构建供应链网络云平台时,需特别重视数据安全保护。对此,企业可尝试运用云计算技术的

网络安全防护等功能,结合防火墙等安全防护技术,搭建结构完整、性能强大的数据安全防护网络,以此降低数据安全风险。

3.4 以人工智能赋能供应链运营创新

在供应链数字化转型过程中,人工智能可通过重构供应链运营全链路,推动企业从以经验驱动决策向以算法驱动决策转型,实现对供应链的闭环式管理^[10]。

为充分发挥人工智能对供应链运营创新的赋能价值,企业需从关键应用场景入手,创新决策路径。比如,结合需求预测需求,开发以人工智能为核心的多模态预测模型,用于实现以深度学习为驱动的需求感知;结合智能仓储与物流需求,开发“人工智能+”模型,通过运用数字孪生技术,提升仓储作业效率以及物流配送效率。其次,企业需明确核心技术支撑,科学运用多项技术,如集成物联网、边缘计算、生成式 AI 等多项技术,用于技术底座研发;开发虚拟供应链模型、自然语言处理模型等工具,用于智能解析供应链运营需求,精准识别运营风险等。最后,重点攻克数据治理难题,如通过统一数据标准等方式,降低多源异构数据整合缺陷对供应链稳定、有序运行的影响;重点解决组织变革难题,即聚焦于传统管理模式向数据驱动转型的现实需求,落实对兼具 AI 与业务能力的复合型团队的培养;重点攻克安全合规技术瓶颈,即企业在拓展供应链业务时,尤其是发展跨境业务时,需重视法规建设以及隐私数据保护。

人工智能技术是不断发展革新的,企业需紧跟人工智能发展潮流,顺应供应链转型发展趋势,探索人工智能技术赋能路径,以不断提升其在供应链运营创新中的实用价值,进而推动供应链可持续发展。

4 结语

综上所述,在工业 4.0 时代,供应链创新迎来了新的发展机遇,即以物联网、大数据、云计算、人工智能等技术为核心,实现数字化转型。在转型期间,企业需积极主动地探索供应链数字化转型路径,致力于充分发挥诸多核心技术的正向作用,以不断提升供应链运营的生命力和持续性。

参考文献

- [1] 陈语迎.工业 4.0 驱动的供应链数字化转型:国际贸易的

- 新引擎[J].中国经贸导刊,2024,(08):7-9.
- [2] 胡泠.工业 4.0 时代数字经济赋能物流与供应链转型升级[J].物流工程与管理,2022,44(08):67-69.
- [3] 胡泠.“工业 4.0”背景下物流供应链数字化运营模式研究[J].中国储运,2021,(08):195-196.
- [4] YI J W .工业 4.0 对绿色供应链的影响：马来西亚实证研究[D].北京交通大学,2024.
- [5] CHERKAOUIO .工业 4.0 对全球供应链的影响研究[D].山东财经大学,2021.
- [6] 谢克强,李嘉驹,田思苗.中小企业“链式”数字化转型的政策分析与地方实践[J].数字化转型,2025,2(07):34-41.
- [7] 胡宁,陈捷宇,李泉洲,等.印制电路板行业数字化转型场景图谱构建与实践路径研究[J].数字化转型,2025,2(07):15-25.
- [8] 张希颖,王舒展,王晴.数字化转型提升我国制造业出口竞争力的路径研究——基于全球价值链视角[J].商业观察,2025,11(20):78-82.
- [9] 金祥义,刘明雪.供应链数字化与企业出口贸易[J/OL].上海财经大学学报,1-15[2025-07-22].
- [10] 杨传钰.金融科技赋能企业数字化转型的机制及实现路径[J].黑河学院学报,2025,16(07):66-69.
- 版权声明：**©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**OPEN ACCESS**