 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i4.10043

Application and Development Trend Analysis of Industrial Internet Technology in Intelligent Manufacturing

Shuai Cao Yingying Ge Lei Li

Changzhou Mechanical and Electrical Vocational and Technical College, Changzhou, Jiangsu, 213164, China

Abstract

With the deep integration of next-generation information and communication technologies into manufacturing systems, the Industrial Internet has emerged as a critical infrastructure for intelligent manufacturing transformation. Grounded in the macro context of global manufacturing digitalization, this study systematically elucidates the core mechanisms of the Industrial Internet across data acquisition, resource allocation, and intelligent decision-making processes. By analyzing the implementation pathways of these technologies in specific manufacturing scenarios, it explores how platform empowerment, data-driven approaches, and ecosystem synergy are driving paradigm shifts in production models. The paper further provides forward-looking insights into diversified technological evolution trends, aiming to offer theoretical references and practical guidance for manufacturing enterprises pursuing intelligent transformation initiatives.

Keywords

industrial internet; intelligent manufacturing; digital transformation; data-driven; application trends

工业互联网技术在智能制造中的应用及发展趋势探析

曹帅 葛盈盈 李磊

常州机电职业技术学院，中国 · 江苏 常州 213164

摘 要

在新一代信息通信技术与制造体系深度渗透的情形下，工业互联网渐渐成为智能制造变革的关键基础设施。本文以全球制造业数字化转型的宏观背景为立足点，对工业互联网在数据采集、资源配置以及智能决策层面的核心机理进行系统阐述。通过对其技术在制造业具体场景里的落地路径展开剖析，深入探究平台赋能、数据驱动和生态协同带来的生产范式革新。文章还对未来技术演进的多元化趋势进行前瞻性分析，目的是为制造企业推进智能化升级提供理论参考和实践指引。

关键词

工业互联网；智能制造；数字化转型；数据驱动；应用趋势

1 引言

当前，一场深刻的系统性变革在全球制造业领域上演，传统大规模流水线生产模式正逐步被以个性化定制、柔性制造为核心的新型业态所取代。于工业 4.0、中国制造 2025 等战略的引领之下，工业互联网作为连通工业全要素的枢纽，凭借构建“人机料法环”全连接体系的方式，将信息孤岛打破。

2 工业互联网技术在智能制造中的核心优势

2.1 泛在互联，构筑全域感知神经网

工业互联网技术借助 5G、物联网等前沿手段，实现智能制造全流程、全要素的泛在互联，把生产设备、原材料、产品以及操作人员、管理系统紧密联结成一个有机整体 [1]。它打破传统生产环节的信息壁垒，让各类生产数据能够实时传输、无缝衔接，相当于为智能制造体系搭建起一张全域覆盖的感知神经网。这张网络可精准捕捉生产过程中的每一个细微变化，小到设备的微小故障隐患，大到生产流程的整体波动，都能被及时感知并且反馈，为后续生产调控提供最直观、最及时的基础数据支撑。

2.2 数据驱动，赋能精准决策智能化

工业互联网技术的核心价值之一，就在于对生产全流程产生的海量数据进行高效采集、清洗以及分析处理，将分散的碎片化数据转化为具有实际指导意义的价值信息。依托大数据分析模型与人工智能算法，这些数据能够精准呈现生产效率、产品质量、设备运行状态等核心指标的变化规律，还能提前预判生产过程中可能出现的各类问题。基于这些精

【基金项目】江苏省“青蓝工程资助”。

【作者简介】曹帅（1985–），男，中国湖北咸宁人，硕士，副教授，从事物联网、工业互联网研究。

准的数据分析结果，企业管理层能够摆脱传统经验决策的局限，做出更科学、更高效的生产调度、质量管控以及设备维护决策，真正实现智能制造决策的智能化与精准化。

2.3 云边协同，提升系统响应敏捷性

工业互联网技术构建的云边协同架构，完美兼顾云端的海量数据存储、深度分析能力与边缘端的实时处理、快速响应优势。边缘节点可就近处理生产现场产生的实时数据，比如设备运行参数、生产工艺反馈等，无需将所有数据全部上传至云端，极大降低数据传输延迟，让生产现场的突发问题能够得到即时响应、快速解决。云端则负责对边缘端上传的汇总数据进行深度挖掘、长期存储以及全局优化，为生产流程优化、长期规划制定提供支撑。这种云边协同的模式，有效提升了智能制造系统的整体响应敏捷性，让生产调度更灵活、设备运维更高效。

3 工业互联网技术在智能制造中的具体应用

3.1 设备预测性维护与健康管理

设备预测性维护与健康管理是工业互联网技术在智能制造领域的核心应用之一，其核心逻辑是通过工业互联网平台整合设备运行过程中产生的各类数据，依托大数据分析以及机器学习算法，实现对设备运行状态的实时监测、异常识别以及故障预判。智能制造场景下的生产设备往往具备高精密、高负荷、高联动的特点，一旦出现故障停机，不仅会影响生产进度，还可能造成不小的经济损失 [2]。工业互联网技术通过在设备关键部位安装各类传感器，实时采集振动、温度、能耗、运行时长等核心数据，再将这些数据传输至云端平台进行深度解析，精准识别设备运行过程中的微小异常信号，提前预判可能出现的故障类型、故障部位以及发生时间。相较于传统的定期检修模式，这种维护方式能够有效避免过度检修造成的资源浪费，同时杜绝因检修不及时导致的突发故障，让设备始终保持最佳运行状态，进而保障智能制造生产线的连续稳定运行，降低设备维护成本，提升生产效率。

3.2 生产全流程可视化与数字化管控

生产全流程可视化与数字化管控依托工业互联网技术，打破智能制造各生产环节的信息壁垒，实现从原材料进场、生产加工、质量检测到成品出库的全链条数字化覆盖以及可视化监管。在智能制造车间中，工业互联网平台能够整合生产计划、设备运行、物料流转、人员调度等各类信息，通过可视化界面实时呈现各环节的运行状态，让管理人员能够直观掌握生产进度、资源利用情况以及潜在问题。管理人员无需深入生产现场，就能通过终端设备查看每一道工序的加工参数、产品合格率、物料库存等关键数据，同时可根据实时数据对生产过程进行动态调控，比如调整生产节拍、优化人员配置、调配物料供应。这种管控方式彻底改变了传统生产管理中信息滞后、沟通不畅的问题，让生产管理更加精准高效，同时能够及时发现生产过程中的浪费现象以及质量隐患，助力企业实现精细化生产，提升产品质量稳定性，降低生产运营成本。

3.3 基于数字孪生的虚拟仿真与调试

基于数字孪生的虚拟仿真与调试是工业互联网技术与智能制造深度融合的重要体现，其核心是通过工业互联网技术构建与物理生产系统 1:1 对应的数字孪生模型，将物理世界的生产设备、生产流程、环境参数等全部映射到虚拟空间 [3]。在智能制造生产线搭建以及工艺优化过程中，工作人员可借助虚拟仿真模型，提前对生产流程、设备布局、工艺参数进行模拟调试，无需动用物理设备就能验证生产方案的可行性，发现并解决潜在的设计缺陷以及流程冲突。

3.4 供应链协同优化与柔性配置

供应链协同优化与柔性配置借助工业互联网技术，打破智能制造企业与上下游合作伙伴之间的信息孤岛，实现供应链各环节的信息实时共享、协同联动以及柔性调度。智能制造的核心需求之一是快速响应市场变化，而传统供应链模式存在信息传递滞后、协同效率低下、资源配置僵化等问题，难以满足柔性生产需求。工业互联网平台能够整合供应商、生产商、分销商、客户等全链条资源，实时采集供应链各环节的库存、产能、订单、物流等数据，通过大数据分析实现供应链资源的精准匹配以及动态优化。

3.5 个性化定制的规模化生产模式

个性化定制的规模化生产模式依托工业互联网技术，破解了传统制造业中个性化定制与规模化生产之间的矛盾，实现了“一对一”定制与批量生产的有机结合，这也是智能制造的重要发展方向。在传统生产模式下，个性化定制往往意味着生产效率低、成本高、周期长，难以实现规模化推广，而工业互联网技术通过整合客户需求、生产资源、工艺技术等各类信息，构建起柔性生产体系。企业可通过工业互联网平台收集客户的个性化需求，将这些需求数据转化为生产指令，再通过数字化生产线实现柔性加工，同一生产线可同时处理不同规格、不同样式的定制产品，无需进行大规模的生产线调整。

4 工业互联网技术在智能制造中的发展趋势

4.1 平台开放化：构建互通共享生态圈

未来，工业互联网平台将逐步走向开放化发展，打破以往平台封闭运行、资源分散的格局，构建起互通共享、互利共生的工业互联网生态圈，这也是工业互联网发展的必然趋势。开放化的工业互联网平台，会打破行业壁垒、地域限制以及技术边界，向产业链上下游企业、科研机构、第三方服务商等开放核心能力与资源，包括数据接口、算法模型、应用开发工具以及算力资源等，让各类主体都能依托平台开展创新合作。比如中国联通格物 Unilink 工业互联网平台，作为国家级双跨平台，正逐步开放自身的连接能力与核心中台资源，汇聚各类生态伙伴，为不同行业企业提供全流

程服务。平台开放化不仅能让企业降低数字化转型的门槛，无需投入大量资金搭建自有平台，只需依托开放平台的资源就能实现智能化升级，还能促进各类创新资源的整合与优化配置，推动产学研用金深度融合，让科研机构的技术成果能快速转化为实际生产力，第三方服务商能依托平台提供专业化服务，上下游企业能实现信息互通与协同联动。这种开放共享的生态圈，将推动工业互联网技术与智能制造的深度融合，提升整个制造业的数字化、智能化水平，实现产业协同发展。

4.2 边缘智能化：下沉算力实现即时响应

边缘智能化将成为工业互联网技术在智能制造领域的重要发展趋势，核心是将算力、算法以及数据处理能力下沉至生产现场的边缘节点，实现生产数据的本地实时处理与即时响应，解决传统云端集中处理模式下的延迟过高、带宽占用过大以及断网瘫痪等痛点。在智能制造持续发展的进程中，生产现场生成的数据量呈现爆发式增长态势。倘若把所有数据都传输到云端去处理，不仅会占据大量网络带宽，还会造成响应延迟，难以满足生产现场的实时控制需求。边缘智能化借助在生产车间布置边缘计算节点，把部分算力下沉到现场，使得边缘节点能够就近采集、分析并处理生产数据，及时下发控制指令，达成毫秒级响应。就拿 PCB 板缺陷检测场景来说，边缘 AI 方案的响应速度在 50ms 以内，远比云端 AI 300ms 以上的响应速度更具优势。与此同时，边缘节点还可以实现数据的本地缓存与筛选，仅仅把关键数据上传到云端，减轻网络带宽压力。而且在网络中断的情况下，边缘节点依旧能够独立运行，保障生产过程不会中断。未来，边缘智能化会与 5G、AI、TSN 等技术进行深度融合，进一步提升边缘节点的处理能力和智能化水平，实现生产现场的自主决策与自主优化，让智能制造系统拥有更强的敏捷性和可靠性。

4.3 安全内生性：筑牢工业可信防护墙

在工业互联网技术和智能制造深度融合的进程中，生产系统的网络化、智能化程度持续提高，数据泄露、网络攻击、设备失控等安全风险也相应增多，所以安全内生性会成为工业互联网技术的关键发展走向，其核心在于把安全能力融入工业互联网的整个生命周期，构建工业可信防护体系。过去的工业安全防护大多运用“被动防御”模式，也就是在安全事件发生之后才采取补救办法，这种模式已经不能满足智能制造的安全需要 [4]。安全内生性着重于“主动防御、全程防护”，将安全设计嵌入工业互联网平台搭建、设备接入、数据传输、应用开发等每一个环节，建立从设备安全、网络安全、数据安全到应用安全的全方位、多层级安全防护架构。例如借助 OPC UA 协议的内置加密与身份认证机制，来保障数据传输的安全性；通过差分隐私加上区块链技术，实现数据可信共享，保护企业核心数据隐私；依靠边缘节点的本地安全防护，防范设备遭到非法入侵和控制。

4.4 知识模型化：沉淀工业机理复用库

知识模型化是工业互联网技术赋能智能制造的核心发展趋势之一，核心是将工业生产过程中的工艺经验、操作技巧、机理知识等转化为标准化、可复用的数字模型，沉淀形成工业机理复用库，实现工业知识的传承与高效复用，推动智能制造从“数据驱动”向“知识驱动”转型。在传统制造业中，工业知识多依赖于老员工的经验积累，存在传承困难、复用率低、易出错等问题，一旦老员工离职，相关知识就可能流失。工业互联网技术通过大数据分析、机器学习、数字孪生等技术，将分散在各个环节的工业知识进行提炼、建模，形成标准化的工业模型，包括工艺模型、设备模型、质量控制模型等，这些模型会被整合到工业机理复用库中，供企业随时调用 [5]。比如将汽车焊接工艺的参数、经验转化为数字模型，新员工可直接调用模型开展生产，快速掌握核心工艺；企业在优化生产流程、引入新设备时，也可调用复用库中的模型，减少试错成本。

5 结语

工业互联网技术向纵深推进的进程里，制造业价值创造逻辑正经历根本性重构。技术红利借助从单点设备互联到全产业链生态协同的演进路径，深入渗透进研发、生产、服务等各个环节。在全球产业变革浪潮中，只有把技术创新和标准体系建设不断推向深入，才能构建起具备自主可控、持续进化特征的智能制造全新格局。

参考文献

[1] 蒋蓓,赵卿,李凯,等. 基于工业互联网的智能制造装备协同控制技术研究[J].塑料包装,2025,35(03):135-137+309.

[2] 张咪咪,吴建军.工业互联网与智能制造下自动化技术分析[C]//中国企业财务管理协会.2025年中国企业财务管理发展大会论文集.四川化工职业技术学院;四川省古蔺郎酒厂有限公司;,2025:229-231.

[3] 袁礼伟,王耀南,谭浩然,等. 面向智能制造的自主可控工业互联网发展研究[J].中国工程科学,2025,27(03):38-53.

[4] 欧玲,黄岚子. 智能制造与工业互联网的技术架构分析[J].集成电路应用,2025,42(04):402-403.

[5] 胡蕊.工业互联网对制造企业开放式绿色创新的影响研究[D].哈尔滨理工大学,2025.