

Research on Implementation Effect Evaluation and Optimization Strategies of Industrial Internet Standards in Intelligent Manufacturing Scenarios

Shuai Cao Lijun Gu Kangming Huang

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

Abstract

Against the backdrop of deep integration between Industrial Internet and smart manufacturing, standard implementation has emerged as a pivotal force in driving transformation of production paradigms. This study examines the implementation outcomes of Industrial Internet standards in smart manufacturing scenarios, establishing a multidimensional evaluation framework encompassing technical compatibility, process standardization, data interoperability, and system reliability. Through analyzing typical contradictions during standard implementation, the research reveals the tension between standardization and flexible production. Based on this, systematic optimization strategies are proposed across four dimensions: standard system iteration, dynamic adaptation mechanisms, collaborative governance models, and ecosystem feedback loops. The study aims to provide a standardized implementation pathway for manufacturing digital transformation, offering both theoretical value and practical guidance.

Keywords

industrial internet; intelligent manufacturing; standard implementation evaluation; optimization strategies

工业互联网标准在智能制造场景中的实施效果评估与优化策略研究

曹帅 顾理军 黄康明

常州机电职业技术学院, 中国·江苏常州 213164

摘要

在工业互联网和智能制造深度融合的背景下, 标准实施成为推动生产范式转型的关键力量。本文将目光投向工业互联网标准于智能制造场景中的实施成效, 构建起一个包含技术适配性、流程规范性、数据贯通性与系统可靠性的多维评估框架。通过对标准落地过程里典型矛盾的剖析, 展现出标准化与柔性生产之间的张力关系。基于此, 从标准体系迭代、动态适配机制、协同治理模式及生态反馈回路四个维度提出系统性的优化策略, 力求为制造业数字化转型提供同时具备理论价值和实践指导意义的标准化实施路径参考。

关键词

工业互联网; 智能制造; 标准实施评估; 优化策略

1 引言

在全球制造业竞争格局发生重构的行业情形之下, 工业互联网作为新型基础设施, 正对智能制造的价值链分布和技术底座进行深刻重塑。各国都把标准化战略当作争夺产业话语权的关键所在。不过, 于智能制造的实际生产场景中, 标准的落地实施遭遇着技术快速更新迭代和既有规范相对滞后的结构性矛盾, 实施成效存在差异。怎样对标准在复杂

制造环境里的适配效能进行科学评估, 并且构建出动态优化的治理路径, 目前已成为推动制造业实现高质量发展迫切需要解决的核心问题。

2 工业互联网标准在智能制造场景中的核心作用

2.1 筑牢数据互联互通的语义交互基石

智能制造场景中, 数据贯穿生产全链条, 从原料采购环节的物料数据、生产加工环节的设备运行数据, 到成品检测环节的质量数据, 每一类数据都来自不同系统且格式各异。工业互联网标准通过统一数据语义定义, 明确各类数据的编码规则、描述规范以及交互准则, 让原本“各说各话”

【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。

的不同系统实现顺畅对话^[1]。比如说,生产车间的数控机床与MES系统之间,借助标准规定的语义映射方式,能够精准传递加工参数、运行状态等关键信息,避免因语义偏差导致的数据传输错误。

2.2 规范异构设备协同的接口统一范式

智能制造车间往往会部署多种类型、不同品牌的异构设备,这些设备来自不同厂商,接口规格、通信协议各不相同,想要实现协同运作难度不小。工业互联网标准针对异构设备协同需求,制定统一的接口技术规范,明确接口的物理形态、通信协议以及数据传输格式,为各类设备搭建标准化的“沟通桥梁”。实际生产中,工业机器人、智能传感器、自动化生产线等不同设备,通过遵循统一的接口标准,能够快速接入工业互联网平台,实现设备间的协同联动。

2.3 保障生产全流程的质量溯源性

质量管控是智能制造的核心诉求之一,而生产全流程的质量溯源则是保障产品质量的关键手段。工业互联网标准明确生产各环节的质量数据采集要求、存储规范以及追溯路径,让每一件产品从原料投入到成品出厂的全过程都可追溯、可核查。在实际生产中,工作人员可按照标准要求,实时采集原料批次、加工参数、检测结果、操作人员等各类质量相关数据,并且这些数据会按照标准格式进行存储,形成完整的产品质量档案。

2.4 赋能跨系统集成的业务敏捷响应

智能制造的高效运行,离不开设计、生产、仓储、物流、销售等多个业务系统的紧密集成,而跨系统集成的关键就在于统一的工业互联网标准。工业互联网标准明确跨系统数据交互、业务协同的规范,打破不同业务系统之间的技术壁垒,实现业务流程的无缝衔接以及数据的同步共享^[2]。比如说,当销售系统接收到客户订单后,可通过标准接口将订单信息快速同步至生产、仓储等相关系统,生产系统依据订单需求制定生产计划,仓储系统提前做好物料准备,各系统协同响应订单需求,大幅缩短订单交付周期。同时,基于统一标准的跨系统集成,还能让企业快速响应市场变化,当市场需求调整时,企业可通过调整系统参数、优化业务流程,快速适配新的需求,提升企业在市场中的竞争力,这也是智能制造时代企业的核心优势所在。

3 智能制造场景下标准实施面临的主要挑战

3.1 技术迭代速率与标准固化周期的错配

智能制造领域技术更新换代速度极快,人工智能、大数据、物联网等新兴技术不断涌现,并且快速应用到生产实践中,带动生产设备、生产流程以及业务模式持续升级。但工业互联网标准的制定、修订以及发布需要经过调研、论证、试点、推广等多个环节,整个过程周期较长,容易出现标准固化现象。当标准正式实施时,原本适配的技术可能已经更新迭代,导致标准与实际应用场景脱节,无法满足新技术、

新场景的应用需求。

3.2 个性化定制需求与通用规范刚性的冲突

当前智能制造的发展趋势之一是个性化定制,不同行业、不同企业甚至不同客户,对生产流程、产品规格以及服务模式都有着不同的需求,企业需要根据个性化需求调整生产方案以及系统配置。但工业互联网标准多为通用型规范,注重通用性以及普适性,具有较强的刚性,难以灵活适配不同企业的个性化需求^[3]。比如说,中小企业与大型企业的生产规模、技术水平差异较大,通用标准在大型企业能够顺利实施,但应用到中小企业时,可能会因为企业自身条件限制无法适配,而企业若自行调整标准,又会违反规范要求,导致标准实施陷入两难境地,既无法满足企业个性化发展需求,也难以充分发挥标准的指导作用。

3.3 多源异构数据与统一格式标准的适配壁垒

智能制造场景中,数据来源广泛且类型多样,涵盖设备运行数据、生产工艺数据、环境监测数据以及业务管理数据等,这些数据来自不同系统、不同设备,格式、编码以及语义各不相同,形成多源异构数据格局。工业互联网标准虽明确统一的数据格式要求,但实际实施过程中,由于部分老旧设备无法输出标准格式数据,且不同系统的数据格式转换难度较大,导致多源异构数据与统一格式标准之间存在明显的适配壁垒。

3.4 企业现有遗产系统与新兴标准体系的兼容困境

很多制造企业在推进智能制造转型前,已经部署了大量的 legacy 系统(遗产系统),这些系统运行时间较长,技术架构相对老旧,且大多采用传统的接口以及数据格式,与当前新兴的工业互联网标准体系存在诸多不兼容之处。企业若要全面遵循新兴标准,就需要对现有遗产系统进行全面升级甚至替换,但遗产系统往往承载着企业核心业务,升级替换不仅需要投入巨额资金,还可能影响企业正常生产经营,风险较高。

4 基于场景适配的工业互联网标准实施优化策略

4.1 构建分层分级的模块化标准动态供给机制

构建分层分级的模块化标准动态供给机制,核心是打破传统标准“一刀切”的模式,结合不同行业、不同规模企业的智能制造场景需求,实现标准的精准供给以及动态更新。首先,按照智能制造的层级的划分,将标准分为基础层、应用层以及协同层,基础层聚焦数据语义、接口规范等核心共性要求,制定统一的通用标准,保障不同场景的基础适配;应用层针对离散制造、流程制造等不同行业场景,制定差异化的行业标准,适配各行业的个性化生产需求;协同层围绕跨企业、跨产业链的协同需求,制定协同标准,推动产业链上下游的标准统一^[4]。其次,采用模块化设计思路,将标准拆解为可组合、可替换的模块,企业可根据自身生产场景以

及发展需求,灵活选择适配的标准模块,无需遵循全部标准,降低企业标准实施的门槛。

同时,建立标准动态更新机制,组建由行业协会、企业、科研机构组成的标准更新团队,实时跟踪智能制造技术以及应用场景的变化,及时收集企业在标准实施过程中的反馈意见,对滞后于技术发展、不匹配场景需求的标准模块进行修订、补充,确保标准与技术迭代、场景需求同频同步。

4.2 建立产线数字孪生驱动的标准预验证体系

建立产线数字孪生驱动的标准预验证体系,目的是提前发现标准与实际应用场景的适配问题,降低标准实施风险,提升标准的可操作性。首先,企业可依托数字孪生技术,构建与实际生产产线 1:1 的数字孪生模型,将工业互联网标准的各项要求融入到数字孪生模型中,模拟标准在实际生产场景中的应用过程。在模拟过程中,重点验证标准中数据语义、接口规范、数据格式等核心内容与产线设备、系统的适配性,比如验证设备接口是否符合标准要求、数据传输是否顺畅、语义是否一致等,及时发现标准中存在的漏洞以及适配问题。其次,邀请企业技术人员、一线操作人员参与预验证过程,结合实际生产经验,提出标准优化建议,让标准更贴合生产实际,更具可操作性。

针对预验证过程中发现的问题,联合标准制定团队及时对标准进行修订完善,避免标准正式实施后出现适配难题。此外,建立预验证共享平台,将不同行业、不同场景的标准预验证案例进行汇总、共享,为其他企业提供参考,减少企业重复开展预验证工作的成本,同时也能推动标准在不同场景的快速适配。同时,定期更新数字孪生模型,融入新技术、新场景的需求,持续开展标准预验证工作,确保标准始终能够适配智能制造的发展需求,让标准真正成为推动生产效率提升的助力。

4.3 完善产业链上下游协同的标准治理共同体

完善产业链上下游协同的标准治理共同体,核心是打破企业、行业协会、科研机构之间的壁垒,形成协同推进标准实施的合力,确保标准在产业链各环节的统一应用。首先,由行业龙头企业牵头,联合产业链上下游中小企业、行业协会、科研机构、高校等主体,组建标准治理共同体,明确各主体的职责分工,企业负责提供实际应用场景以及需求反馈,行业协会负责统筹协调以及标准推广,科研机构以及高校负责技术支撑以及标准优化^[5]。其次,建立协同沟通机制,定期召开共同体会议,交流标准实施过程中的经验以及问题,协商解决标准在产业链协同过程中出现的分歧,比如针对上下游企业之间的数据交互标准不统一、设备协同不顺畅等问题,共同制定解决方案,推动标准在产业链各环节的协同落地。同时,开展产业链协同标准试点工作,选择典型产业链,推动上下游企业共同遵循统一的工业互联网标准,

实现数据共享、设备协同、业务联动,总结试点经验并在全行业推广。

4.4 形成基于反馈闭环的标准持续迭代生态

形成基于反馈闭环的标准持续迭代生态,关键是建立“实施—反馈—优化—再实施”的闭环机制,确保标准能够根据实际应用情况持续优化,始终适配智能制造场景需求。

首先,建立多渠道的标准实施反馈机制,明确反馈主体、反馈内容以及反馈流程,企业作为标准实施的主体,可通过线上反馈平台、座谈会、调研问卷等方式,及时反馈标准实施过程中遇到的问题、不匹配的场景以及优化建议;行业协会、科研机构可通过实地调研、案例分析等方式,收集标准实施过程中的相关信息,汇总整理后反馈给标准制定团队。

其次,建立反馈信息处理机制,组建专业的反馈信息处理团队,对收集到的反馈信息进行分类、分析,判断问题的严重程度以及优化的必要性,针对能够快速解决的小问题,及时给出解决方案;针对需要修订标准的重大问题,纳入标准修订计划,联合相关主体开展修订工作。

最后,加强标准迭代后的推广应用,及时向各企业推送标准修订内容以及实施指南,组织开展培训活动,帮助企业快速掌握修订后标准的要求,确保标准迭代后能够顺利地实施。通过这种闭环机制,让标准能够持续优化、不断完善,形成“标准适配场景、场景推动标准”的良性生态,充分发挥标准在智能制造中的支撑作用。

5 结语

工业互联网标准于智能制造场景里的实施,并非只是技术规范简单套用,更是生产组织方式和价值创造模式的一种系统性重构。借助对实施效果进行理性评估和多维审视,能够揭示出标准化进程中技术刚性同制造柔性之间的辩证关系。在未来,标准化的生命力会根植于它与动态生产场景的深度融合以及自适应进化。只有构建起开放、协同、迭代的标准化治理新范式,才可以真正释放出工业互联网赋能智能制造的核心潜能,进而驱动制造业迈向高质量发展的新阶段。

参考文献

- [1] 李世宏,瞿盟津,于超,等.智能制造中工业软件生态演化的系统理论研究[J].计算机集成制造系统,2026,32(01):258-275.
- [2] 谢康,冉佳森,肖静华.构建工业智能体:工业互联网平台自学习机制行动研究[J].学术研究,2025,(12):90-99+178.
- [3] 王修齐.工业互联网技术在智能制造中的应用及发展趋势探析[J].现代工业经济和信化,2025,15(09):80-82.
- [4] 刘瀚宸.工业互联网在制造业企业的应用研究[D].北京邮电大学,2025.
- [5] 工信部:建立建材智能制造标准体系创新一批工业互联网场景[J].信息技术与标准化,2020,(10):4.