

新型工业化背景下信息技术发展与融合应用 标准化现状与对策研究

■ 徐顺怡 刘劲松* 焦铸金 侯亚妮 刘欣 张旭

(国家工业信息安全发展研究中心)

摘要: 党的二十大报告提出“推进新型工业化”的重大决策部署,为新时代推进标准化工作提供了顶层指引和根本遵循。本文系统、深入分析了新一代信息技术发展以及与制造业融合应用相关国内外标准化发展现状,提炼总结了新型工业化背景下标准化工作面临的问题与挑战,明确了以标准服务新型工业化发展的赋能路径,最后从标准化顶层设计、标准化工作机制、关键标准研制、标准应用推广、标准配套措施等方面提出了新时代推进标准化建设的对策建议,以期为加快以标准助力我国新型工业化发展提供参考。

关键词: 新型工业化,新一代信息技术发展,与制造业融合,标准,赋能路径

DOI编码: 10.3969/j.issn.1002-5944.2023.09.004

Research on the Status and Strategy of the Standardization of Information Technology Development and Integration Application in the Context of New Industrialization

XU Shunyi LIU Jinsong* JIAO Zhujin HOU Yani LIU Xin ZHANG Xu

(China Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team)

Abstract: The report of the 20th National Congress of the Communist Party of China put forward the major policy of “promoting new industrialization”, which provides the guidance and fundamental rules for promoting standardization in the new era. This paper systematically analyzes the development status of standardization at home and abroad related to the new generation of information technology development and its integration with the manufacturing industry, summarizes the problems and challenges faced by standardization work in the context of new industrialization, and defines the path of using standards to serve the development of new industrialization. Finally, the paper puts forward suggestions for promoting standardization work in the new era from the aspects of standardization top-level design, standardization work mechanism, key standards development, standards application and promotion, standards supporting measures, providing reference for accelerating the development of China’s new industrialization with standards.

Keywords: new industrialization, development of new generation information technology, integration with manufacturing industry, standard, enabling path

基金项目: 本文受国家重点研发计划项目“智能制造执行系统中生产设备统一信息建模、智能感知及动态集成方法和使能工具”(项目编号: 2021YFB1715300)资助。

0 引言

工业化是国家经济高质量发展的必由之路,从18世纪开始的工业1.0到如今如火如荼的工业4.0,工业化的转型升级发展带动社会经济全面提升。我国工业化进程经历了三个阶段,工业基础设施和产业环境发生了巨大变化。新型工业化道路是党在我国工业化进程中逐步探索形成的新成果。党的十六大^[1]首次提出“新型工业化”,党的十七大^[2]、十八大^[3]、十九大^[4]先后指出“要坚持走中国特色新型工业化道路”“坚持走中国特色新型工业化”“推动新型工业化”。经过多年的发展,我国工业体系门类齐全、独立自主,制造业连续多年增加值稳居世界第一,新型工业化道路取得积极成效。随着数字经济时代的到来,新一代信息技术蓬勃发展并与制造业深度融合,制造业新模式新业务不断涌现,新型工业化的理论内涵和时代使命也在持续深化。面向新时代,党的二十大报告提出“坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,推进新型工业化”^[5],对新型工业化道路作出了新的工作部署。区别于世界先行国家工业化历史过程,也不同于以往传统工业化道路,新时代蕴含一系列崭新元素,由此赋予新型工业化新内涵、新特征,新型工业化强调深度融合、绿色制造和开放合作,坚持把新型工业化作为发展的主引擎,推动“四化同步”发展,进而实现创新、协调、低碳、共赢的发展新局面^[6]。

标准是推动经济和社会高质量发展的基础支撑。2021年,中共中央、国务院印发《国家标准化发展纲要》^[7],提出要“优化标准化治理结构,增强标准化治理效能,提升标准国际化水平,加快构建推动高质量发展的标准体系,助力高技术创新,促进高水平开放,引领高质量发展”,持续发挥标准对经济社会发展的支撑引领作用,为新时期我国标准化工作指明了发展方向。在数字经济和实体经济加速融合的新形势、新背景下,以标准为抓手指导企业

开展战略、技术、管理、执行等方面的转型升级,加快知识产权、系统解决方案等创新成果的产业化普及推广进程,对于推动工业企业提质降本增效,走好创新、协调、绿色、开放、共享的新型工业化道路具有重要意义。

为充分发挥标准化的支撑引领作用,加快以标准创新助力我国新型工业化建设,本文从新型工业化背景下新一代信息技术发展以及与制造业融合应用相关领域国际国内标准化现状入手,总结提炼新型工业化背景下标准化工作面临的问题与挑战,在此基础上明确标准服务新型工业化发展的赋能路径,最后为新型工业化发展背景下标准化建设提出了对策建议。

1 新型工业化背景下新一代信息技术与制造业融合发展标准化现状

当前,新一轮科技革命和产业变革方兴未艾,信息化与工业化融合是生产力发展的必然结果,是中国特色新型工业化道路的本质特征。系统推进信息化与工业化深度融合,是符合我国现实国情的必然选择,更是顺应时代发展规律、建设现代化强国的有效路径。经过多年探索,我国形成了一条以标准引领信息化和工业化深度融合的道路,标准对于加速新一代信息技术与制造业融合发展、促进制造业转型升级的重要性日益突出,有力支撑实体经济高质量发展^[8]。

1.1 新一代信息技术标准化发展现状

随着新一代信息技术的快速发展,产业标准化需求也不断提升,国内外众多学术机构、标准化组织、产业界等围绕云计算、大数据、区块链、软件、元宇宙等新一代信息技术开展了标准研制工作^[9],规范引导新一代信息技术的健康发展和创新应用。

(1) 云计算领域

ISO(国际标准化组织)、ITU(国际电信联盟)、DMTF(分布式数据管理国际任务研究小组)

等多个国际性行业标准化组织机构相继开展云计算信息技术行业标准化工作, 重点围绕互操作、业务迁移、安全性等方向发布20余项相关国际标准。国内TC 28(全国信息技术标准化技术委员会)、TC 260(全国信息安全标准化技术委员会)等标准化组织聚焦云计算的应用层面立项和发布了一批国家标准, 以满足日益增长的市场需求。

(2) 大数据领域

ISO/IEC JTC 1(ISO/IEC联合信息技术委员会)、ITU、W3C万维网联盟、开放地理空间信息联盟等国际标准化组织, 围绕大数据术语、参考架构等基础方面开展了相关标准的研制工作。在国内, 随着数据要素在各个行业中的重要性日益凸显, TC 28、TC 260等标准化组织聚焦数据资源和数据交换共享等数据标准领域的热点, 研制发布了一批大数据领域国家标准。

(3) 软件领域

国际上主要由ISO/IEC JTC 1负责软件工程标准的系统化设计与制定工作, 主要对软件系统的生存周期过程进行规范。随着新型工业化发展的不断深入, 软件新技术新应用正在对传统产业进行全方位、全角度、全链条的改造, 软件产业标准化需求日益迫切, 国内TC 28、TC 159(全国自动化系统与集成标准化技术委员会)、TC 260采标了相关国际标准, 并针对软件的应用领域开展了标准化研制工作。

(4) 区块链领域

ISO、ITU、IEEE三大国际标准化组织都成立了区块链标准工作组或委员会, 针对区块链的核心技术、安全、应用等不同领域开展标准化工作。国内主要由TC 590(全国区块链和分布式记账技术标准化技术委员会)负责区块链相关标准的研制工作, 主要侧重于区块链应用层面的标准化。

(5) 元宇宙领域

IEEE标准协会将原IEEE虚拟现实与增强现实标准委员会正式更名为IEEE元宇宙标准委员会, 聚焦元宇宙、虚拟现实和增强现实标准的制定和维护

等, 并在全球范围内推广。目前, 国内暂无元宇宙相关全国标准化技术委员会组织, TC 28和TC 242(全国音频、视频及多媒体系统与设备标准化技术委员会)围绕虚拟现实和增强现实的测试、应用领域开展了标准研制工作。

1.2 新一代信息技术与制造业融合应用标准化发展现状

当前, 我国工业企业正处于转型升级的攻坚时期, 大力推动信息化和工业化深度融合, 以信息化带动工业化, 以工业化促进信息化, 围绕两化融合管理体系、工业互联网平台、数字化供应链、制造业数字化仿真、数字化转型等重点领域以标准为引领推动制造业企业形态、生产方式、业务模式和就业方式发生根本性变革, 为加速制造业数字化、网络化、智能化发展注入新动能。

(1) 两化融合管理体系领域

ITU发布了两化融合评估国际标准ITU-T Y.4906 *Assessment framework for digital transformation of sectors in smart cities* (《产业数字化转型评估框架》), 为产业数字化转型评估提供了方法途径。国内方面, TC 573(全国信息化和工业化融合管理标准化技术委员会)牵头开展两化融合管理体系领域标准研制, 围绕两化融合管理体系基础和术语、参考架构、咨询服务、评估评价等方面共研制发布近20项国家标准。

(2) 工业互联网平台领域

ISO/IEC JTC 1/SC 27(信息安全、网络安全和隐私保护标委会)正在制定工业互联网平台安全参考模型国际标准。国内TC 28、TC 573等组织围绕工业互联网平台参考架构、应用实施、绩效评价、选型指南、监测分析、设备上云、数据管理等方面研究制定了一批国家标准。

(3) 数字化供应链领域

ITU首个数字化供应链领域国际标准Y.MM-DSC-SSC “Maturity model of digital supply chain”(《数字化供应链成熟度模型》)正式立项。国内方

面, TC 159、TC 435 (全国航空器标准化技术委员会)、TC 573等组织围绕产品生命周期管理、企业数字化能力等级、供应链数字化管理等领域立项和发布了5项国家标准。

(4) 制造业数字化仿真领域

国外暂无相关国际标准, 国内主要由TC 146 (全国技术产品文件标准化技术委员会)、TC573等组织围绕数控加工、数字化仿真分类以及模型建设等方面立项和发布相关国家标准。

(5) 数字化转型领域

作为国际电信联盟管理下的专门制定远程通信相关国际标准的组织, 国际电信联盟远程通信标准化组 (ITU-T) 围绕企业、行业数字化转型等方面发布了2项由国家工业信息安全发展研究中心牵头起草的国际标准, 标志着产业数字化转型“中国方案”正式登上国际舞台。当前我国数字经济发展动能强劲, 数字化转型整体步伐加快, TC 573推动发布了我国数字化转型领域首个国家标准。

2 新型工业化背景下标准化工作面临的问题与挑战

经过多年的发展, 新型工业化相关领域标准化探索已有一定基础和成果。但是, 在数字经济引领产业转型升级的大背景下, 新时代新型工业化发展对标准化建设也提出了新的要求, 当前标准化工作面临一系列问题与挑战。

(1) 支撑新型工业化发展的标准化工作统筹机制尚未形成

新型工业化涉及生产要素、资源环境与生产方式的系统性、整体性变革, 是全面促进经济发展的工业化^[10], 是一项系统而复杂的工程, 是一项长期而艰巨的任务。党的二十大将新型工业化推到了新的更高的历史起点上, 相关部门、各行业、标准化组织纷纷开展新型工业化相关技术类、管理类的标准化探索, 标准化工作热情高涨。但是不同组织提

出的相关国家标准立项计划建议、部门行业标准立项计划建议也出现了交叉、重复甚至概念不清的问题, 新型工业化背景下标准化发展路径缺乏统筹协调, 标准化工作主体间各自为政, 存在一定内耗现象, 导致了标准无法有效打通应用, 阻碍了先进标准的研制进程, 也增加了标准普及实施的难度, 不利于技术创新与产业化应用的协同发展。

(2) 5G、工业互联网、区块链、人工智能等关键核心技术标准供给不足

5G、工业互联网、区块链、人工智能等核心技术为制造业高质量发展提供新动能, 成为制造业数字化转型的基础支撑, 助推制造业向数字化、网络化、智能化转型。但是长期以来, 我国制造业处于全球价值链的中低端, 国内许多企业难以掌握关键核心技术, 缺乏“卡脖子”技术标准化工作的基础。虽然国内一些标准化组织相继开展了新一代信息技术相关标准化研究, 然而由于我国创新标准体系建设薄弱, 核心技术自主创新能力不足, 所研制标准更多地侧重于技术的应用层面, 缺乏对基础理论、核心技术、平台生态的深入探索, 在核心技术标准方面发布的标准较少^[11], 与欧美发达国家仍存在较大差距, 难以形成“技术专利化、专利标准化、标准产业化”的产业提升路径, 制约了我国高新技术产业的发展和质量的提升。

(3) 我国绿色发展的标准体系尚不健全

近年来, 创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念在全党和全国人民中牢固树立起来, 绿色发展也成为了新型工业化道路上新的战略任务^[12]。新型工业化不仅要技术创新和经济增长, 更要兼顾资源节约和环境友好, 因此, “碳达峰碳中和”“循环经济”成为全国标准化工作中的热点领域和重点方向之一。“十四五”时期对于我国新型能源、电力系统的建设来说是一个关键的阶段, 能源、工业、交通、城建等领域的高质量发展都离不开明确、统一的标准建设, 《国家标准化发展纲要》中明确指出“完善绿色发展标准化发展保障”, 可见, 绿色

发展的标准体系建设迫在眉睫。当前, 国际范围内应对气候变化的标准已经覆盖了能源管理、环境管理、循环经济、建筑、交通等众多行业^[13], 国内“双碳”标准化工作虽然发展迅速, 但由于其标准研制实施系统、复杂, 涉及部门多导致难以协调, 技术研发与标准结合不紧密, 节能降碳核心技术标准不足, 且存在相关政策与标准不能有效衔接的现象, 国内部分“双碳”标准与国际标准不接轨, 国际标准话语权不足。因此, 急需构建全覆盖、多维度、多层次的绿色发展标准体系, 以标准为抓手实现节能降碳目标, 促进绿色低碳技术推广应用, 融入国际通行的应对气候变化规则。

3 以标准服务新型工业化发展的赋能路径

随着新一代信息技术的飞速发展, 大数据、云计算、软件、区块链等新技术从消费领域渗透到工业领域, 并赋能研发设计、生产过程、产品销售、沉浸式服务等制造业全生命周期, 促使制造业生产方式产生了深刻的变革, 因此新一代信息技术成为了推动产业转型升级、助力现代工业体系构建、促进经济高质量发展的重要驱动力。新一代信息技术的发展具有一些基本特征, 包括系统技术的纵深化与融合化、功能实现的泛在化与集中化、信息处理的分散化与云集化、信息服务的个性化与共性化, 新一代信息技术及其与制造业的深度融合催生了一批新模式新业态, 新型工业化发展和新一代信息技术产业的发展对标准化的需求日益迫切, 有效推动了相应领域的标准化建设。在政策环境、产业环境、技术环境、市场环境共同作用下, 政府引导、市场驱动、社会参与、协同推进的标准化工作格局形成, 并产生了一系列国际标准、国家标准、行业标准、地方团体标准等相关成果。通过计量、认证认可、检验检测等方式推广标准应用实施, 强化标准对创新的引领作用, 以标准为抓手促进产业转型升级, 助力

新型工业化发展走深向实。以标准服务新型工业化发展的赋能路径如图1所示。

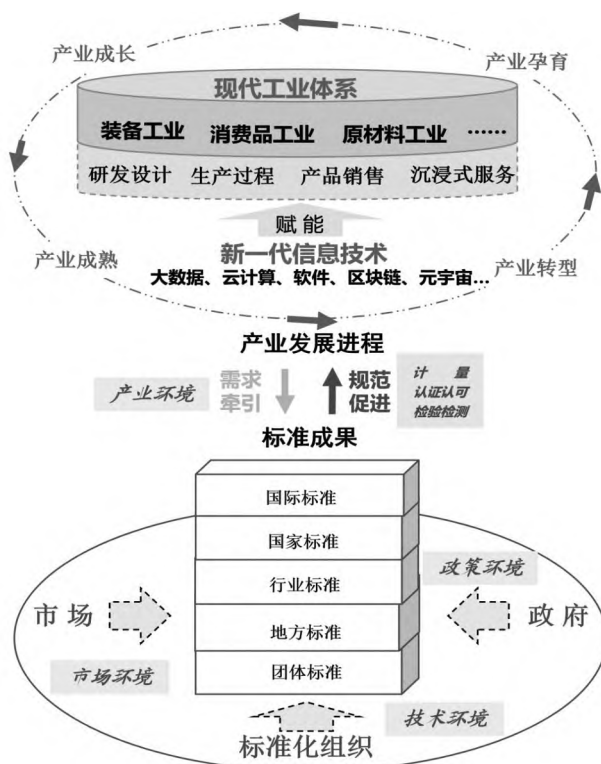


图1 以标准服务新型工业化发展的赋能路径

(1) 标准有效助力新型工业化进程

标准作为产业发展的技术规则, 对于推进工业规模化生产、产业链上下游协作、经济贸易活动开展都具有重要作用。围绕新型工业化背景下的产业需求, 开展基础类、方法类、管理类、产品类标准的创新, 并加快推进标准在装备工业、消费品工业、原材料工业等重点工业领域的试点应用与产业化推广, 将有力提升产业链上下游数字化、网络化、智能化水平, 为数字化管理、智能化生产、网络化协同、个性化定制与服务化延伸等新模式、新业态、新产业的发展提供支撑, 对于加快产业数字化转型升级、助力新型工业化发展具有重要意义。

(2) 标准支撑产业链供应链竞争力提升

围绕产业链供应链数字化转型需求开展关键急需标准研制, 以贯标实施为抓手推动企业提升供应链管控水平, 促进产业链供应链提质增效。通过

标准开展计量、认证认可、检验检测服务, 精准识别产业链供应链短板、弱项, 联合科研院所、高校、产业链供应链上下游企业协同开展关键核心共性技术协同攻关, 有利于解决阻碍产业链供应链升级发展的核心问题, 持续提升产业链供应链基础能力和现代化水平。发挥标准试点示范应用标杆作用, 推动工业行业龙头企业和“链主”企业将标准应用形成的先进管理模式向产业链供应链上下游进行普及推广, 深化产业链合作, 构筑新型工业化发展背景下产业链新生态。

(3) 新型工业化发展对标准化提出新要求

党的二十大报告明确提出到2035年建成现代化经济体系, 形成新发展格局, 基本实现新型工业化, 强调坚持把发展经济的着力点放在实体经济上, 推进新型工业化。党的二十大赋予了新型工业化新的理论内涵和时代使命, 也对新型工业化相关领域的标准化建设提出了新要求、新任务。为了贯彻党的二十大战略部署, 落实《国家标准化发展纲要》中关于“加强标准化理论和应用研究”的工作要求, 需锚定新时代推进新型工业化背景下标准化工作的战略定位和目标要求, 研判制造业高端化、智能化、绿色化发展对于标准供给的关键需求方向, 把握标准对于全面提升企业竞争力与产业治理现代化水平的重要作用, 新时代标准化建设也应作出新的调整和完善, 包括标准化工作的对象、内涵和外延、统筹与协调等, 标准化工作水平需要进一步提升。

4 以标准服务新型工业化发展的对策建议

标准是推进新型工业化的重要抓手, 新时代下应顺应新型工业化发展规律, 紧密围绕产业需求, 从标准化顶层设计、标准化工作机制、关键标准研制、标准应用推广、标准配套措施等方面推进标准化建设, 加快以标准创新助力新型工业化发展。

(1) 加快构建覆盖新时代新型工业化发展需求的标准化路线图

首先任务应明确新型工业化对于标准化建设的总体定位和目标要求, 聚焦创新能力强、生产效率高、产品质量好、污染排放少、产业链供应链安全稳定等新型工业化发展新需求、新趋势, 围绕新一代信息技术供给、新一代信息技术与制造业融合应用等重点方面, 运用系统理论和方法, 层次化、规范化、体系化梳理新型工业化标准化需求, 厘清标准构成与边界, 优化关键领域标准体系顶层框架, 明确标准化重点的发展方向和建设路径, 同时加强与现有标准的协同衔接, 加快构建覆盖新型工业化发展需求的标准化路线图。

(2) 完善协同推进的标准化工作机制

新时代新型工业化具有前沿性、融合性、复杂性和不确定性的特点, 新型工业化发展离不开政策引领、市场驱动以及人才保障等多方合力, 急需健全标准化工作机制, 协同推进新型工业化背景下标准化建设。第一, 要加强政府引导, 统筹协调标准化组织、科研院所、行业协会、产业联盟等社会各界力量, 建立科学的标准化工作规范和程序机制, 引导各界建立竞合有序、优势互补的标准化工作格局。第二, 要充分发挥市场主体作用, 鼓励龙头企业发挥产业实践优势, 科研院所发挥科技研究优势, 标准化组织发挥标准化专业优势, 通过标准化活动促进企业技术进步、产业创新发展, 并积极参与国际标准化, 提升国际竞争话语权。第三, 要积极加强人才队伍建设, 加快培育“既懂工业化、又懂信息化、还懂标准化”的复合型人才, 为新型工业化标准化工作提供人才储备。

(3) 推动新型工业化发展关键急需标准研制应用

全面贯彻新发展理念, 坚持以技术创新为基本驱动力, 围绕打造现代化工业体系、重大技术装备攻关、制造业数字化转型、制造业绿色低碳发展、企业竞争力培育、产业治理现代化水平提升等重点

方向, 依托专业标准化组织, 聚合政产学研用多方资源, 推进关键急需标准研制和应用, 聚焦典型工业场景构建线上线下标准测试验证环境, 打造重点标准测试验证能力, 形成不同的应用场景下的标准验证解决方案、技术手段和实施流程, 加快以标准引导产业数字化转型升级, 助力构建现代化产业体系, 提高经济质效和核心竞争力。

(4) 打造以标准助力产业发展的示范标杆

持续深化标准在工业行业的引领作用, 创新标准应用推广模式, 加快先进标准在工业行业的大范围普及。围绕不同工业行业、不同工业场景遴选标准试点的优秀案例, 形成一批可借鉴可复制的系统解决方案, 为不同规模、不同工业行业的企业提供一套“字典式”检索模式。依托高峰论坛、成果分享等多种形式, 加快“标准+解决方案”应用示范标杆与典型案例在全国推广, 普及新型工业化建设先进经验和成功模式。

(5) 加强融合应用标准实施的配套支持

标准的有效实施离不开配套措施的支持, 应紧密围绕我国工业行业发展现状及趋势, 加强国家级、区域级产业政策规划对标准研制应用的支持和引导。其次, 推动计量、认证认可、检验检测等标准化相关服务业发展, 面向工业企业实际需求, 提供标准化整体解决方案。最后, 聚焦服务新型工业化发展, 开展重点领域标准公共服务平台建设, 构建标准知识图谱, 提供各类标准智能编写、解决方案培育、验证评估等服务, 提升标准制定与实施效率, 加快以标准引领产业发展, 助力新型工业化发展走深向实。^[14]

参考文献

- [1] 江泽民. 全面建设小康社会, 开创中国特色社会主义事业新局面[EB/OL]. (2002-11-08)[2023-02-19]. http://www.gov.cn/test/2008-08/01/content_1061490.htm.
- [2] 胡锦涛. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为夺取全面建设小康社会新胜利而奋斗——在中国共产党第十七次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2007-10-15)[2023-02-19]. http://www.gov.cn/ldhd/2007-10/24/content_785431.htm.

- [3] 胡锦涛. 坚定不移沿着中国特色社会主义道路前进 为全面建成小康社会而奋斗——在中国共产党第十八次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2012-11-08)[2023-02-19]. http://www.gov.cn/ldhd/2012-11/17/content_2268826.htm.
- [4] 习近平. 决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2017-10-18)[2023-02-12]. http://www.gov.cn/zhuanti/2017-10/27/content_5234876.htm.
- [5] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2022-10-25)[2023-02-12]. http://www.gov.cn/xinwen/2022-10/25/content_5721685.htm.
- [6] 国务院. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[EB/OL]. (2021-03-13)[2023-02-19]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
- [7] 中共中央, 国务院. 中共中央 国务院印发《国家标准化发展纲要》[EB/OL]. (2021-10-10)[2023-02-12]. http://www.gov.cn/zhengce/2021-10/10/content_5641727.htm.
- [8] 赵岩. 立足新时代新型工业化发展 构建“十四五”新一代信息技术与制造业融合标准体系[J]. 新型工业化, 2023, 13(1-2): 18-22.
- [9] 徐顺怡, 窦克勤, 王欣. 新一代信息技术标准发展现状、经验及建议[J]. 中国信息化, 2022, 334(2): 40-45.
- [10] 李德轩, 许召元, 柯俊强. 新阶段我国新型工业化发展的若干思考[J]. 理论探索, 2023, 259(1): 98-105.
- [11] 韦小彦. 技术标准联盟核心企业标准化能力研究[D]. 湖南: 湖南大学, 2017.
- [12] 金壮龙. 加快推进新型工业化[EB/OL]. (2023-02-16)[2023-02-12]. http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2023-02/16/c_1129363115.htm.
- [13] 刘玫, 李鹏程. 气候中性与碳中和国际实践及标准化发展对我国的启示[J]. 标准科学, 2020, 559(12): 121-126.

作者简介

徐顺怡, 硕士, 工程师, 研究方向为两化融合、工业互联网、数字化供应链、数字经济等。

刘劲松, 通信作者, 博士, 工程师, 研究方向为工业数字孪生、两化融合、智能制造、工业互联网平台等。

焦铸金, 硕士, 工程师, 研究方向为两化融合、制造业数字化转型、数字化供应链等。

侯亚妮, 硕士, 工程师, 研究方向为两化融合、数字化转型。

刘欣, 硕士, 工程师, 研究方向为两化融合、工业互联网、云制造。

张旭, 硕士, 工程师, 研究方向为工业互联网平台、智能控制、两化融合。

(责任编辑: 张瑞洋)