

工业互联网标准体系构建与实施路径

胡琳, 杨建军, 韦莎, 郭楠, 马原野

(中国电子技术标准化研究院, 北京 100007)

摘要: 工业互联网是新一代信息技术与先进工业的连接纽带, 工业互联网标准化工作是实现工业互联网创新发展和产业链各环节有效衔接的重要保障。本文梳理了国内外工业互联网以及工业网络、大数据、平台、网络安全等相关领域的标准化基础工作, 凝练了我国工业互联网标准化面临的问题; 研究提出了面向产业发展需求的工业互联网标准体系框架, 涵盖基础共性、网络、数据、平台、安全等方面。围绕参考架构构建, 数据流通、处理、使用过程中的互联互通, 监测控制与决策优化, 网络安全等重点领域的共性需求, 提出了我国工业互联网标准制定的具体实施路径。研究建议, 推进工业互联网标准体系应加快工业互联网重点标准突破, 加强标准落地应用推广, 培育和健全产业生态。

关键词: 工业互联网; 标准化; 体系框架; 实施路径

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A

Construction and Implementation Path for Industrial Internet Standards System in China

Hu Lin, Yang Jianjun, Wei Sha, Guo Nan, Ma Yuanye

(China Electronics Standardization Institute, Beijing 100007, China)

Abstract: Industrial Internet links the new-generation information technology and advanced industries; therefore, industrial Internet standardization is crucial for both the innovative development of the industrial Internet and the effective connection of all links in the industrial chain. In this study, we review the foundation work conducted in China and abroad for the standardization of the industrial Internet in fields such as industrial network, big data, platform, and information security, and summarize the problems faced by industrial Internet standardization. Moreover, a framework of the industrial Internet standards system is proposed, consisting of basic and common, network, data, platform, and security standards. An implementation path for industrial Internet standardization is proposed and demonstrated, focusing on common demand in key areas such as reference architecture construction; interconnectivity in data circulation, processing, and use; monitoring control and decision optimization; and network security. Advancing the industrial Internet standards system requires accelerating breakthroughs for key industrial Internet standards, strengthening the application and promotion of standards, and cultivate and improve the industrial ecology.

Keywords: industrial Internet; standardization; system framework; implementation path

收稿日期: 2021-02-03; **修回日期:** 2021-03-04

通讯作者: 韦莎, 中国电子技术标准化研究院高级工程师, 研究方向为智能制造与人工智能; E-mail: weisha@cesi.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“工业互联网创新发展研究”(2019-ZD-12)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

一、前言

作为新型网络基础设施,工业互联网是新一代信息技术与先进工业的连接纽带[1]。我国正在以智能制造为主攻方向,加快工业互联网创新发展[2],提升制造业数字化、网络化、智能化发展水平。在抗击新型冠状病毒肺炎疫情过程中,工业互联网企业搭建了多个物资信息对接平台,高效汇聚了产业链上下游的信息数据,实现了医疗物资等生产信息的精准匹配[3]。

随着工业互联网的快速发展,标准化工作迫在眉睫。近年来国家主管部门发布了多项政策文件,积极推进工业互联网的标准化工作。2019年3月,《工业互联网综合标准化体系建设指南》提出了工业互联网标准概念架构[4],重点推进支撑行业应用的标准化工作,涵盖了工业互联网的关键技术、产品、管理、应用等需求。2021年1月,《工业互联网创新发展行动计划(2021—2023年)》部署了我国工业互联网未来三年的发展目标和重点任务[5]。

工业互联网与物联网、大数据、信息技术、网络安全等密切相关并相互影响。构建工业互联网标准体系,不仅需要对工业互联网技术体系进行研究,也需要对物联网、大数据、信息技术、网络安全等相关方向进行梳理。本文立足工业互联网标准体系的现实需求,梳理发展现状、凝练面临的问题、提出体系框架、论证实施路径,以期为我国工业互联网的规范化、高质量发展提供基础参考。

二、工业互联网标准化的作用与进展分析

(一) 工业互联网标准化作用分析

我国高度重视互联网标准化工作,提出要以高标准助力高技术创新,引领高质量发展[6]。标准化是实现工业互联网行业互治、推广应用的基础[7],也是推动产业创新发展的有效手段。

近年来,国际上发布了多项信息技术方面的国际标准,在推动网络构建与使用、大数据、网络安全、不同工业互联网之间的兼容性等方面起到了重要作用。例如,国际标准化组织制定的ISO 7498开放系统互联模型系列标准[8],有效指导了不同智能设备之间的通信。

标准能够固化各领域专家的经验 and 知识[9],

规范各领域的使能技术、参考架构、互联互通等,有助于引导和推动相关技术与产业的融合发展。例如,《信息技术 大数据 工业产品核心元数据》(GB/T 38555—2020)汇聚了我国工业界诸多领域专家的经验知识,规定了工业产品核心元数据的表示方法,促进了信息交换与交流。

标准是连接科研与生产的桥梁,可加快工业互联网关键技术的示范和推广,有助于工业互联网技术的规模化应用,进而促进技术进步。例如,《信息安全技术 工业控制系统风险评估实施指南》(GB/T 36466—2018)为检测机构、供应商进行工业控制系统风险评估提供了必要依据,推动了工业控制系统的网络安全建设。

(二) 国外工业互联网标准化的基础工作

近年来,国际标准化组织重点开展了物联网、工业数据等方面的标准化工作,为工业互联网国际标准化奠定了良好基础。国际标准化组织/国际电工委员会第一联合技术委员会(ISO/IEC JTC1)主导开发了全球信息和通信技术标准[10],下设机构正在开展物联网、数字孪生领域的国际标准化研究。国际标准化组织自动化系统与集成技术委员会(ISO/TC184)是工业自动化领域的核心标准化组织,着重开展自动化与控制系统、信息系统、集成技术等标准化研究。国际电工委员会工业过程测量和控制技术委员会(IEC/TC65)主要研究连续和批量控制领域中的用于工业过程测量与控制的系统、元器件国际标准[11]。国际电工委员会工业网络分技术委员会(IEC/SC 65C)负责制定工业网络相关的国际标准(如互操作性、性能评估等)。

美国、德国等制造业强国基于产业发展需求,在产业联盟、国家政策等多个层面推动相关标准化工作。美国工业互联网联盟由多家大型信息技术企业发起成立[12],是推动工业互联网标准化的重要平台;以参考架构为引领,通过企业自主设立的应用案例,组织垂直领域应用探索,建立测试床提供验证支撑条件;联合其他标准化组织,协同推动工业互联网落地应用。德国在国家工业规划层面提出工业4.0概念,发布了《工业4.0标准化路线图》(第四版);认为当前核心标准化需求包括用例、参考架构模型、系统及其属性、互通性、集成、通信、人员与工作7个方面,跨领域的标准化需求分为开

源、工业安全、数据保护/隐私、增值网络可信度、功能安全等。

（三）我国工业互联网标准化的基础工作

我国积极推进工业互联网标准化工作，正式发布了多项政策文件，如《工业互联网创新发展行动计划（2021—2023年）》《工业互联网综合标准化体系建设指南》等。《工业互联网综合标准化体系建设指南》提出，需识别出320项工业互联网标准项目，预计到2025年制定标准数量超过100项[5]，重点支撑行业应用的标准化工作。工业互联网标准体系依托行业龙头企业，在部分领域开展应用层面的重点突破，如标识解析、工厂内网、网络资源管理、边缘设备、工业大数据等产业发展亟需的标准。

工业互联网标准化工作与工业网络、数据、平台、网络安全等领域密不可分。①在工业网络方面，我国具有工厂外网方面的良好基础，主导形成了工厂自动化以太网、面向工业过程自动化的无线网络等国际标准。②在数据方面，依托全国信息技术标准化技术委员会大数据标准工作组，重点围绕大数据技术在工业产品研发、生产、服务等方面的应用以及工业数据管理等开展标准化研究，发布了工业大数据标准体系框架[13]。③具备行业性、区域性影响力的工业互联网平台超过50家[14]，发布并更新了《工业互联网平台标准化白皮书》，提出了标准化工作发展方向、标准化生态建设等建议。④在网络安全方面，自2010年起陆续开展工业控制系统信息安全相关标准的研究制定工作[15]，依托全国信息安全标准化技术委员会提出了工业控制系统信息安全标准体系。

三、我国工业互联网标准化面临的问题

（一）工业互联网标准的系统布局亟需优化

随着工业互联网技术与产业应用的日益深入，越来越多的企业、高校、科研院所参与了工业互联网标准的研究工作，各类国家标准、行业标准、团体标准相继发布。然而，没有机构开展相关标准的协调工作，标准与标准之间的先后关系、紧迫程度没有合理安排，使得已有标准的系统性欠缺，协调统一的工业互联网标准化发展局面有待形成。

（二）与相关领域现有标准的协调推进尚未开展

笔者调研发现，目前网络安全相关国家标准已发布294项，制定中的有416项；信息技术相关国家标准已发布949项，制定中的有969项。这些标准为工业互联网标准化工作提供了基础和参照，部分标准在工业互联网标准体系中可沿用或修改采用。在现行工业互联网标准体系的制定过程中，尚未明确与相关领域现有标准之间的协调推进机制，可能存在重复研制的情况。

（三）标准落地应用推进力度有待加强

工业互联网标准涉及工业、信息技术及相关新技术领域的融合。但在实际发展过程中，存在着标准应用不够充分的现象，尤其是重点标准的落地应用推进力度不够，如《信息技术 通用数据导入接口》（GB/T 36345—2018）等解决数据互联互通等痛点问题的标准。

四、工业互联网标准的体系框架与发展路径

工业互联网相关技术体系的核心在于数据处理：在网络互联互通的基础上，通过数据的采集、传输、集成、筛选、使用，基于平台、面向应用，开展制造过程的优化决策、分析、控制，同时关注整个数据闭环过程的安全问题。在《工业互联网综合标准化体系建设指南》的基础上，本文提出了面向产业发展需求的工业互联网标准体系框架（见图1），力求全面反映工业互联网的新型信息基础设施特征。工业互联网标准体系的研究重点涉及基础共性、网络、数据、平台、安全等方面，构建工业互联网标准体系框架，着力解决数据流通过程中的标准化问题。

针对工业互联网标准的系统布局需求，基于工业互联网标准体系框架，聚焦产业发展痛点问题，本文提出了工业互联网标准制定路线图（见图2），明确了未来5年行业研究的主要任务。在工业互联网标准体系、制定路线图的基础上，运用趋势研判成果、成效评价工具，持续进行体系及路线图的迭代优化，推动形成“以成效考察促执行、以评估反馈助改进”的闭环工作机制；破解企业内部和集团企业的设备、生产过程、资源配置互联互通问题，

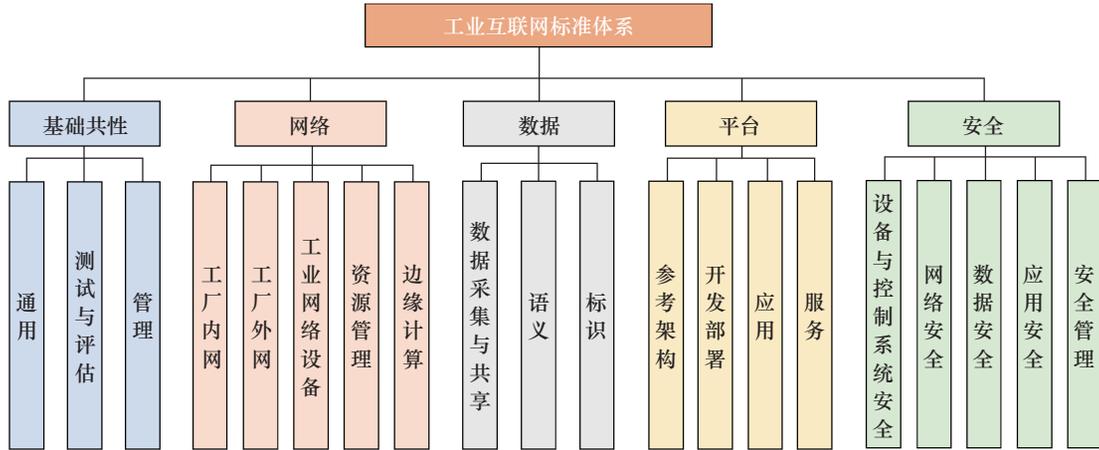


图 1 工业互联网标准体系框架构成

	2021—2022年	2023—2025年
基础共性	工业互联网评价相关标准	软件分级、网络测评相关标准
网络	工业互联网时间敏感网络需求及技术要求相关标准	工业互联网5G网络部署实施相关标准
	工业互联网网络的应用场景相关标准	时间敏感网络工业自动化应用配置管理要求相关标准
	工业互联网网络的工业应用技术要求相关标准	时间敏感网络实时以太网适配技术要求相关标准
数据	工业互联网标识解析标识编码相关标准	工业互联网基于0ID的异构标识相关标准
	工业互联网制造资源信息交换相关标准	工业互联网二级节点标识编码行业标准（航空、家电等）
平台	工业互联网数字孪生应用标准	工业互联网平台微服务参考架构
	工业互联网平台互操作和可移植	工业互联网平台选型相关标准
	工业互联网平台服务能力成熟度相关标准	工业互联网平台开放接口相关标准
	工业互联网APP开放接口相关标准	工业互联网平台应用系统部署和数据迁移相关标准
安全	工业互联网平台应用实施相关协同标准	工业APP质量与测评、微服务、组件化封装相关标准
	信息安全技术工业互联网平台安全要求及评估相关标准	工业APP安全防护与检测相关标准

■ 跨企业工业互联网系统；
 ■ 集团企业工业互联网系统；
 ■ 企业内部工业互联网系统；
 ■ 其他

图 2 工业互联网标准制定路线图

注：5G 表示第五代移动通信；APP 表示应用程序。

促进跨企业的资源数据汇聚、共享、应用。

（一）基础共性标准

综合考虑《工业互联网综合标准化体系建设指南》《国家智能制造标准体系建设指南（2018年版）》[16]中有关基础共性标准的划分方法，建议基础共性标准划分为通用、测试与评估、管理三部分。通用标准包含工业互联网相关的术语定义、架构、功能、可靠性，测试与评估标准包含测试方法、测试指标、评价方法，管理标准包含系统建设、运行主体、关键要素的管理要求。基础共性标准是工业互联网各领域的通用标准，也是其他领域标准制定

的基础。

工业互联网作为基础和主体，应优先发展评价标准，以评促建，为我国加快工业互联网创新发展提供有效工具。在图1所示的标准体系中，“基础共性-测试与评估”部分暂缺，应推动相关标准的研究制定，如《工业互联网评价指数》《工业APP认定和分级测评规范》《工业互联网网络技术测试评估环境》《工业互联网平台应用能力与绩效评价》。

（二）网络标准

网络标准应重点关注网络互连层面的运营技术、信息技术融合网络与骨干网[17]，分为工厂内

网、工厂外网、工业网络设备、资源管理、边缘计算五部分。工业网络设备包括设备/产品联网、网络设备底层硬件标准，应突出网络层要求。资源管理标准涉及地址和无线频谱等资源使用、网络运行管理要求。边缘计算与网络层标准密切相关。网络标准是规范工业互联网本体的核心关键标准，为工业互联网应用提供网络连接和互联互通支撑。

2018年发布的《工业互联网网络建设和推广指南》明确提出工业互联网网络标准的制定目标。为了加快推动新技术与工业互联网融合应用，应研究制定工业互联网关键技术相关网络标准，如《工业互联网 时间敏感网络需求及场景》《工业互联网基于软件定义广域网的工业应用场景》《工业互联网 5G 部署实施指南》等。

（三）数据标准

数据是工业互联网三大核心之一[18]。数据类标准旨在解决生产全过程中数据采集、传输、处理、分析等环节所涉及的数据格式、数据表示、数据接口不统一的问题，实现物理实体数字化、数据互联互通及互操作；主要由数据采集与共享、语义、标识三部分组成。

当前社会正处于大数据、数字化转型的阶段，数据驱动策略及其实践运用成为共识。大数据技术能够促进制造企业降低生产成本，对经济高质量发展至关重要。应研究制定工业互联网场景下的数据共享类标准，如《工业互联网 制造资源信息交换规范》等。

（四）平台标准

平台标准分为参考架构、开发部署、应用、服务四部分。平台参考架构标准规定了平台架构等总体设计要求。平台开发部署标准包括部署在平台的应用接口、平台与平台之间的接口标准、系统之间的集成适配标准、平台自身开发及开发环境标准与扩展要求。平台应用标准包括部署在平台的工业APP相关标准（涵盖设计、开发、测试、应用）、工业应用程序接口（API）相关标准。平台服务标准包括与移植到平台的微服务、资源池相关的标准，平台运营标准。

针对工业互联网平台开发、部署、运维标准较为欠缺的现状，应研究制定《工业互联网平台 应

用系统部署和数据迁移规范》《工业互联网平台 开放接口规范》《工业APP质量与测评规范》等；研究制定《工业互联网平台 参考架构》，提供基于共同概念、用于弱化不同执行差异的工业互联网平台框架；研究制定《工业互联网平台服务能力成熟度模型》，提升工业互联网平台建设的水平；研究制定《工业互联网平台 互操作和可移植》，明确工业互联网平台互操作、可移植的常用规范术语和概念，互操作、可移植之间的相互关系；研究制定《工业互联网平台选型指南》，打造平台体系的服务支撑，构建平台发展生态，提升平台服务水平。

（五）安全标准

安全标准包括设备与控制系统安全、网络安全、数据安全、应用安全、安全管理。设备与控制系统安全分为设备安全、控制系统安全，二者之间存在着密切的动态联系，不宜单独考虑。网络安全指通信网络安全防护等产品技术要求。数据安全包括数据传输安全、数据安全规范等内容。应用安全包括平台应用安全、应用程序安全。安全管理指工业互联网相关安全管理技术和服务要求。

2020年发布的《“工业互联网+安全生产”行动计划（2021—2023年）》[19]明确提出实现更高质量、更有效率、更可持续、更为安全的发展模式。为了加强对工业互联网关键技术及重要应用的网络安全保障与管理，应研究制定《信息安全技术 工业互联网平台安全要求及评估规范》等工业互联网平台安全相关标准、《工业APP安全防护要求》《工业APP安全检测要求》《工业互联网工业安全APP技术要求》等工业APP网络安全相关标准。

五、对策建议

（一）实施工业互联网重点标准突破

聚焦制造业等代表性行业亟需，研究工业互联网重点标准，以网络、数据、平台、安全等为优先方向，体现新一代信息技术对制造业的发展支撑作用。着眼于制造业重点环节的关键问题，加快工业互联网重点标准突破，前瞻布局5G、人工智能等新技术创新融合应用标准。在标识解析、安全生产等基础短板方面，集中力量开展关键技术和标准攻

关, 形成一批先进标准和软硬件产品, 推动形成标准化与技术突破迭代互动的发展局面。

(二) 注重标准落地应用

开展工业互联网标准在制造业落地应用的整体规划, 运用现有相关标准试验验证平台、标准化资源, 新建工业互联网标准化公共服务平台, 为细分行业、中小企业提供一站式标准化综合服务。深化产业需求导向, 加强工业互联网重点标准的应用和试点, 验证标准的先进性、适用性、有效性。引导工业互联网领域重点企业承担或参与国际、国家、行业等层级标准的制定和修订工作, 推动重点标准的试点应用。前瞻研判产业发展趋势, 更新并优化工业互联网标准体系框架和路线图。

(三) 培育和健全产业生态

聚焦广大中小企业, 畅通产业链循环, 以标准化手段降低产业链协同成本、缩短产品生命周期、快速响应市场变化。深化重点行业的产业链协同, 发挥标准的基础支撑和协调作用, 分级分类推动各区域及跨地区、跨部门的协作问题。发挥龙头企业的标准应用示范作用, 开展跨行业业务协作流程和服务模式创新, 提高产业链整体协同效率。以工业互联网与新兴技术创新融合标准为重点, 推进工业互联网领域新型基础设施建设, 实现上下游配套企业的紧密相连、协同运转。遴选一批优秀的工业互联网新型供应链平台, 打造平台标杆, 发挥示范引领作用。

参考文献

- [1] 骆晓, 周进. “5G+工业互联网”发展现状及展望[J]. 中国无线电, 2020 (11): 28–31.
Luo X, Zhou J. Development status and prospects of “5G + industrial Internet” [J]. China Radio, 2020 (11): 28–31.
- [2] 新华网. 习近平主持召开中央全面深化改革委员会第十四次会议[EB/OL]. (2020-06-30)[2021-02-24]. http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-06/30/c_1126179095.htm.
Xinhua Net. Xi Jinping hosted the 14th meeting of the Central Committee for Comprehensively Deepening Reforms[EB/OL]. (2020-06-30)[2021-02-24]. http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2020-06/30/c_1126179095.htm.
- [3] 余晓辉. 工业互联网助力疫情防控与复工复产[J]. 互联网天地, 2020 (4): 15–19.
Yu X H. Industrial Internet assists epidemic prevention and control, resumption of work and production[J]. China Internet,

- 2020 (4): 15–19.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 两部门关于印发《工业互联网综合标准化体系建设指南》的通知[EB/OL]. (2019-03-08)[2021-01-15]. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/zh/art/2020/art_afadebda169c4a36a659144807208cb4.html.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Notice of the two departments on the issuance of the *Guidelines for the construction of the industrial Internet comprehensive standardization system* [EB/OL]. (2019-03-08) [2021-01-15]. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/zh/art/2020/art_afadebda169c4a36a659144807208cb4.html.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部. 关于印发《工业互联网创新发展行动计划(2021—2023年)》的通知[EB/OL]. (2020-12-22)[2021-01-15]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-01/13/content_5579519.htm.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Notice on issuing the *Industrial Internet innovation and development action plan (2021—2023)* [EB/OL]. (2020-12-22)[2021-01-15]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-01/13/content_5579519.htm.
- [6] 人民网. 习近平向第83届国际电工委员会大会致贺信[EB/OL]. (2019-10-22)[2021-01-15]. <http://tv.people.com.cn/n1/2019/10/22/c141029-31414613.html>.
People Video. Xi Jinping sends a congratulatory letter to the 83rd session of the International Electrotechnical Commission [EB/OL]. (2019-10-22)[2021-01-15]. <http://tv.people.com.cn/n1/2019/10/22/c141029-31414613.html>.
- [7] 秦尧. 推动工业互联网产业发展, 助力行业数字化转型[J]. 互联网天地, 2017 (3): 15–16.
Qin Y. Promote the development of the industrial Internet industry and help the industry's digital transformation [J]. China Internet, 2017 (3): 15–16.
- [8] 周志敏. 浅析开放系统互连模型及IEEE802通信标准[J]. 智慧工厂, 2018 (11): 42–43.
Zhou Z M. Analysis of open system interconnection model and IEEE802 communication standard [J]. Smart Factory, 2018 (11): 42–43.
- [9] 杨磊, 于浩, 吴东亚. “互联网+”标准体系构建研究[J]. 中国工程科学, 2020, 22(4): 132–138.
Yang L, Yu H, Wu D Y. Construction of Internet plus standards system [J]. Strategic Study of CAE, 2020, 22(4): 132–138.
- [10] 郎为民, 张汉, 赵毅丰, 等. ISO/IEC JTC1 SC41物联网标准化进展研究[J]. 电信快报, 2019 (6): 1–5.
Lang W M, Zhang H, Zhao Y F, et al. Research of ISO/IEC JTC1 SC41 Internet of Things standardization progress [J]. Telecommunications Information, 2019 (6): 1–5.
- [11] 黄颖, 沈彬, 于青民. 工业互联网标准化工作现状与策略研究[J]. 信息通信技术与政策, 2021 (1): 5–7.
Huang Y, Shen B, Yu Q M. Research on the status quo and strategy of industrial Internet standardization [J]. Information and Communications Technology and Policy, 2021 (1): 5–7.
- [12] 李海花, 王欣怡. 美国工业互联网联盟 (IIC) 最新动态[J]. 电信网络技术, 2016 (8): 34–36.
Li H H, Wang X Y. The latest developments in the industrial Internet consortium (IIC) [J]. Telecommunications Network Technology, 2016 (8): 34–36.

- [13] 李秋花.《工业大数据白皮书》发布 明确发展路线提出标准体系框架[J]. 信息技术与标准化, 2017 (3): 14.
Li Q H. *Industrial big data white paper is released, specifies development route and proposes standard system framework* [J]. *Information Technology & Standardization*, 2017 (3): 14.
- [14] 汪建. 智能云科助力中国智能制造[J]. 中国电信业, 2019 (3): 26–27.
Wang J. *Smart cloud technology helps China's smart manufacturing* [J]. *China Telecommunication Trade*, 2019 (3): 26–27.
- [15] 关鸿鹏, 李琳, 李鑫, 等. 工业互联网信息安全标准体系研究[J]. 自动化博览, 2018 (3): 50–53.
Guan H P, Li L, Li X, et al. *Research on information security standard of industrial Internet* [J]. *Automation Panorama*, 2018 (3): 50–53.
- [16] 中华人民共和国工业和信息化部. 两部门关于印发国家智能制造标准体系建设指南(2018年版)的通知[EB/OL]. (2018-08-14)[2021-01-15]. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/zh/art/2020/art_7a15ac6b11394a32aa291e7417b44dcf.html.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. *Notice of the two departments on the issuance of The national intelligent manufacturing standard system construction guide (2018 edition)* [EB/OL]. (2018-08-14)[2021-01-15]. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/zh/art/2020/art_7a15ac6b11394a32aa291e7417b44dcf.html.
- [17] 洪学海, 蔡迪. 面向“互联网+”的OT与IT融合发展研究[J]. 中国工程科学, 2020, 21(4): 18–23.
Hong X H, Cai D. *Research on the integration and development of OT and IT toward “Internet+”* [J]. *Strategic Study of CAE*, 2020, 21(4): 18–23.
- [18] 樊佩茹, 王冲华. 数据安全视角下工业互联网平台的攻击与防护[J]. 网络空间安全, 2020, 11(2): 75–80.
Fan P R, Wang C H. *Attack and protection of industrial Internet platform from the perspective of data security* [J]. *Cyberspace Security*, 2020, 11(2): 75–80.
- [19] 中华人民共和国工业和信息化部. 关于印发《“工业互联网+安全生产”行动计划(2021—2023年)》的通知[EB/OL]. (2020-10-10)[2021-01-15]. https://www.miit.gov.cn/jgsj/xgj/wjfb/art/2020/art_f6ec8050d71b447e8e3ea092d45e0b02.html.
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. *Notice on Issuing The “industrial Internet + safe production” action plan (2021—2023)* [EB/OL]. (2020-10-10)[2021-01-15] https://www.miit.gov.cn/jgsj/xgj/wjfb/art/2020/art_f6ec8050d71b447e8e3ea092d45e0b02.html.