

标准数字化发展现状及趋势研究

刘曦泽^{1,2}, 王益谊¹, 杜晓燕¹, 李佳¹, 车迪¹

(1. 中国标准化研究院标准化理论战略研究所, 北京 100191; 2. 清华大学工业工程系, 北京 100084)

摘要: 随着全球数字化进程的不断推进, 标准数字化既是经济社会发展、数字技术变革、国际间战略博弈的必然结果, 也是实现国家质量基础设施 (NQI) 数字化转型的关键内容, 对数字中国建设有着重要的战略意义。本文系统梳理了标准数字化的需求, 各标准化组织与主要国家的研究与实践情况, 从表现形态、研制模式和社会影响等方面深入分析了标准数字化未来的发展趋势。结合趋势对我国未来标准数字化工作提出了发展建议: 成立标准数字化转型工作机构以完善工作机制; 开展共性和关键技术研究以奠定科技基础; 扩大试点范围以培育产业生态; 开展国际合作交流以融入全球标准数字化浪潮。

关键词: 数字化转型; 国家质量基础设施; 标准化; 标准数字化; 开源

中图分类号: T-652.4 **文献标识码:** A

Development Status and Trend of Standards Digitization

Liu Xize^{1,2}, Wang Yiyi¹, Du Xiaoyan¹, Li Jia¹, Che Di¹

(1. Sub-institute of Standardization Theory and Strategy, China National Institute of Standardization, Beijing 100191, China;
2. Department of Industrial Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Standards digitization is the inevitable result of economic and social development, digital technology change, and international strategic game. It is the key to realize the digital transformation of National Quality Infrastructure (NQI) and has strategic significance for the construction of Digital China. This study reviews the demands of standards digitization and the research and practice of standardization organizations and key countries. The future development trends of standards digitization are analyzed in depth from the aspects of performance form, development mode, and social influence. Furthermore, it puts forward several suggestions for the standards digitization in China considering these trends. Specifically, a standards digital transformation organization should be established to improve the working mechanism, generic and key technologies need to be developed to lay a science and technology foundation for standards digitization, the pilot scope should be expanded to cultivate an industrial ecology, and international cooperation and exchanges should be encourage to integrate China into the global wave of standards digitization.

Keywords: digital transformation; National Quality Infrastructure (NQI); standardization; standards digitization; open source

收稿日期: 2021-08-06; **修回日期:** 2021-10-06

通讯作者: 刘曦泽, 中国标准化研究院标准化理论战略研究所博士后, 研究方向为标准化原理与方法、企业信息化;

E-mail: liuxz@cnis.ac.cn

资助项目: 国家社会科学基金项目“推动高质量发展的质量治理体系与政策研究”(18ZDA079); 中国标准化研究院院长基金项目(572020Y-7471, 572021Y-8562)

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

一、前言

随着产业数字化进程的不断推进，数字技术得以大规模应用，产业效率得到空前提升。2019年，全球47个主要经济体的数字经济规模达到了31.8万亿美元，占国内生产总值（GDP）增加量的41.5%；我国数字经济的增加值占GDP比重也达到了36.2%，名义增速高于同期GDP 7.85% [1]。面对经济社会如此快速的发展态势，在数字化转型的背景下满足产业发展对标准制定效率、使用方式等方面的需求，成为国内外标准化领域普遍关注的问题。

标准数字化的相关研究与发展始于开源与标准化领域的互动。一方面，开源领域积极引进标准化原理与方法。丹麦国会2006年首次提出了对“开放标准”的三类要求，成为后续各标准组织将开源技术引入标准化领域的开端 [2]。随后，开源社区与标准化组织的合作更加紧密，出现了开放容器计划（OCI）等开源标准组织，在开展开源项目时同步推进标准制定，将开源技术引入标准制定过程 [3]。OCI自2015年开始，先后推出了运行时规范标准（Runtime-spec）等“开源标准”以及与之适应的标准化文件制定程序 [4]。另一方面，标准化组织也在积极主动地与开源社区合作，共同完成标准的制定、实施和推广 [5]。2017年，欧洲标准化委员会（CEN）、欧洲电工标准化委员会（CENELEC）发布的《CEN-CENELEC数字化转型战略计划》正式提出，期望通过标准数字化来确保工业领域数字化转型的标准化需求得到满足，使CEN、CENELEC的标准化体系更加敏捷并适应市场与技术创新的需要 [6]。受此影响，国际标准化组织（ISO）也于2019年提出了Standards Machine Applicable, Readable and Transferable（SMART）标准的概念，以机器可读标准为方向推动标准数字化工作 [7]。技术领域的研究则集中在标准数据挖掘、知识管理、智能化应用等方面 [8]。

虽然目前各主体标准数字化研究的技术路径与阶段不尽相同，但的确影响着未来世界数字生态的格局。2021年是我国“十四五”规划开局之年，为了有效把握世界数字化契机、提升我国标准数字化水平与国际竞争力，有必要对当今标准数字化现状、问题以及未来趋势进行系统梳理和展望。

二、标准数字化的需求来源

标准数字化指利用数字技术（云计算、大数据、区块链、物联网、人工智能等）对标准本身及生命周期全过程赋能，使标准承载的规则与特性能够通过数字设备进行读取、传输与使用的过程。它的产生和发展既是经济社会发展的客观需要，又是标准化自身对数字技术变革的响应，更是国际间战略博弈的焦点。

（一）标准数字化是我国经济社会发展的客观需要

当前，数字技术已经对我国产业发展、日常生活、政府管理与服务等各方面产生深刻影响。我国领导人及相关部门充分认识到数字化对国民经济发展的作用，2018年，习近平总书记在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话中提出，要把握数字化、网络化、智能化融合发展的契机，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合 [9]。2021年3月，《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》中将加快数字化发展建设数字中国作为独立篇章提出，其中标准数字化是数字经济、数字社会、数字政府建设的标准化基础 [10]。2021年10月发布的《国家标准化发展纲要》中明确要求，发展机器可读标准、开源标准，推动标准化工作向数字化、网络化、智能化转型 [11]。也要注意，我国目前的标准数字化水平与经济社会发展还不匹配，如手机产业的更新换代周期一般为半年，相关关键技术几个月就会更新一次，而我国传统的标准制定周期平均为30个月 [12]。因此，建设标准数字化能够升级我国质量基础设施（NQI）的数字化水平与能力，是实现数字中国战略的基础性需求。

（二）标准数字化是标准化应对数字技术变革的需要

标准数字化是技术发展的产物，也是数字时代的基本需求、标准制定与使用现代化进程的必然阶段。随着开源、区块链等数字方法与技术的持续发展，出现了开源标准 [13]、开放标准 [2]、SMART标准 [7,14]、数字标准 [15,16]、BSI Flex [17,18] 等多种标准数字化相关概念、标准形式与制定方式，以满足各行业领域的自身特点和发展需求。适时开

展标准数字化研究,能够从基础角度对相关概念、原理、方法、共性技术、领域应用等方面进行梳理,提出适合国情的标准数字化技术路线。

(三) 标准数字化成为国际间标准竞争的制高点

ISO、IEC、CEN、CENELEC 等国际和区域层面的标准化组织以及英国、美国、德国等发达国家,都将实现标准数字化转型纳入其标准化战略,率先在工业、建筑业、社会治理等领域开展研究与应用 [19~27]。在国际层面,《IEC 发展规划(2017)》提到,IEC 将继续对影响其核心运营的根本变革做好准备,如开源和开放数据趋势以及直接通过机器使用的新型数字标准 [20]。在区域层面,2020 年发布的《CEN-CENELEC 战略(2030)》以为客户提供数字解决方案为目标,要求根据客户不断变化的需求和期望进行调整,由此及时提供与市场相关的数字标准 [22]。在国家层面,2016 年发布的《德国标准化战略》要求,将数字技术纳入标准化发展进程并在委员会工作中充分利用数字资源 [26]。2018 年,美国国际战略研究中心(CSIS)发布的《美国机器智能国家战略报告》认为,美国政府可以从协调其自身的数据结构和标签标准入手,与企业合作制定标准,以实现政府与行业之间的数据共享来推动标准数字化工作 [28]。

三、标准数字化的发展现状

(一) 国际发展现状

1. ISO 的 SMART 标准

当前,ISO 的出版物都是面向全体公众的,致力于将人类作为标准的用户。然而,有关行业、领域的利益相关方正在探索一种新型交付机制以快速研制并应用标准。2019 年,ISO 提出了一种名为 SMART 标准的新型标准概念,对其数字化背景下的标准重新进行了定义。机器可读标准是标准数字化发展的阶段性产物,以新的格式呈现,机器可直接读取并执行(即自动在系统中工作),具有较短的制定周期,典型的如数据库标准、含有代码组件的标准等。ISO 针对性地成立了机器可读标准特别工作组(MRS)以及机器可读标准战略咨询小组(SAG MRS)。SAG MRS 主要负责标准数字化的前期研究工作,如制定 SMART 标准技术路线图,介

绍和实施 SMART 标准(包括对这些标准的认识 and 解读,考虑现有国家和区域的相关举措),详细规划 ISO 标准从基于文本到标准数字化转换的优先级,为 ISO 相关技术委员会制定关于标准数字化实施及其解释方面的指南 [7]。现阶段,ISO 已基于该小组的工作成果定义了 SMART 标准的发展阶段及特征,依据标准内容与机器的交互程度将标准的演进划分为“纸质文本”“开放数据格式”“机器可读文档”“机器可读内容”“机器可交互内容”5 个阶段(见图 1);各阶段对数字技术的使用逐步深入,如文本识别、可扩展标记语言(XML)、本体建模、知识图谱等。ISO 将自身的标准数字化水平定义在“机器可读文档”阶段,即借助 XML 实现标准内容的结构化,进而快速识别与检索标准内容,这也是当前标准数字化研究的焦点。CEN、CENELEC、德国标准化学会(DIN)虽然也处于第 3 个阶段,但已基于自身的产业实践开始探索研制与标准文本配套的标准化软件,用于承载标准所定义的规则与特性并能直接被机器所执行 [29]。

2. 欧洲区域标准化组织

CEN、CENELEC 对标准数字化的研究早于 ISO,2018 年启动了“在线标准化”“未来标准”“开源创新”3 个项目,均与标准数字化直接相关。“在线标准化”项目旨在支撑 CEN、CENELEC 标准制定的现代化和数字化转型,主要工作围绕“在线协作写作”平台展开,旨在与 ISO/IEC 联合,为 CEN、CENELEC 技术机构提供高端定制化的写作环境;2019 年完成了技术评估和试点准备,2020 年正式启动实施。“未来标准”项目旨在支持 CEN、CENELEC 利用 XML 对标准内容进行重构以使其机器可读和可翻译,在建筑、石油领域启动了标准应用试点工作。“开源创新”项目旨在充分挖掘开源技术在标准化领域中的应用潜能,为标准数字化提供潜在的创新技术支持 [30]。

2019 年,CEN、CENELEC 围绕数字标准内容的知识产权(IPR)保护开展法律分析,旨在解决标准文本向机器可读/可翻译内容转变所带来的法律问题、与开源和在线标准写作平台相关的知识产权问题。

3. 主要国家的相关工作

英国标准协会(BSI)在 2019 年针对现行标准的适用性与未来趋势开展了调研,认为标准的性质

		机器功能实现	机器功能局限
阶段 1	纸质文本		<ul style="list-style-type: none"> 机器交互的可能性为零
阶段 2	开放数据格式 <ul style="list-style-type: none"> • 屏幕阅读及检索 	<ul style="list-style-type: none"> • 基础检索 • 在线预览 	<ul style="list-style-type: none"> • 机器交互的可能性很低
阶段 3	机器可读文档 <ul style="list-style-type: none"> • 结构化的标准内容 • 内容可通过软件进行处理 	<ul style="list-style-type: none"> • 简单标记 • 简单检索 • 文档结构化 • 文档能够被软件简单解析 	<ul style="list-style-type: none"> • 机器无法理解检索到的结果与内容
阶段 4	机器可读内容 <ul style="list-style-type: none"> • 内容语义化以供选择性的访问 • 按照需求获取标准内容 	<ul style="list-style-type: none"> • 标记的语义描述 • 对已定义要素的高级检索 • 对公式、图表和代码的自动查找与处理 	<ul style="list-style-type: none"> • 本体无法理解上下文的逻辑关系
阶段 5	机器可交互内容 <ul style="list-style-type: none"> • 要素内容及关系的信息建模 • 自学习以改善内容处理及访问方式 • 价值链中无中断的数据流 • 自动问答与智能内容推送 	<ul style="list-style-type: none"> • 标记要素关系的本体构建 • 标准化文件的自动生成 • 机器对内容的自动识别与操作 	

图 1 ISO 对标准发展阶段和定义特征的定义 [8]

需要改变才能提高其实用性，缩短可交付成果的制定周期至关重要。因此，BSI 启动了在数字化环境中进行标准协作开发的敏捷流程，能够在数周时间内形成可交付成果，显著缩短标准制定周期 [24]。基于上述研究，BSI 于 2020 年正式提出了 BSI Flex 标准，作为对 BS、PAS 标准的补充，以应对快速变化的市场需要 [17]。BSI Flex 是一套基于规则的在线标准制定方法，能够高度共享实践经验，每个新版本都经过公开征询意见和审查并可供各类用户使用，通过该方法制定的标准即为 BSI Flex 标准。该方法采用了 GitHub、Stack Overflow 等开源社区平台，支持开发、共享、实现的快速迭代，具有开发灵活、快速迭代、进化响应、开放协商等特点，适用于新兴或快速演进的领域 [18]。目前，BSI 推出了两项 BSI Flex 标准并面向公众征求意见 [31,32]，用于应对新型冠状病毒肺炎疫情、车联网方向的标准需求。

美国国家标准学会 (ANSI) 认为标准数字化工作主要有 3 个方向：创造新的工具和方法来制定标准，让更多人参与标准化工作，形成新类型的标准交付物；探索不同的发布格式，如更为灵活稳定的 XML 技术；将标准直接集成到产品、系统和服

务中 [33]。2019 年，ANSI 和美国的行业合作者开始推行 ISO SMART 标准，将 ISO 标准的内容整合到产品、过程和服务以显著节省时间和成本；相关工作主要由 ISO/IEC Joint Technical Committee 1 (JTC 1) 承担 [14]。2019 年，美国国家人工智能研发战略计划开始推动使用标准化或开放格式的资源、用于表示语义信息的开放标准，逐步建立和完善相关领域的数字标准本体 [27]。2020 年，ANSI 在年度报告中将 ISO SMART 标准列举为 6 个正在协作制定技术解决方案的新兴前沿技术之一，认为 SMART 标准具有战略层面的重要性；世界正在向数字化发展，标准内容的开发和使用也应实现数字化 [14]。

德国的标准数字化发展与工业 4.0 战略密不可分，从决策机制、实现模式、产业应用等角度与产业数字化进程全面关联。德国建立了由标准化委员会、面向企业的实验室网络、工业 4.0 平台组成的三元决策治理结构 [34]；设立了专门的模式工作组，利用数字技术推动标准 - 产业 - 应用模式链条的实现；依托工业 4.0 资产管理壳《Details of the Asset Administration Shell》系列规范 [29,35,36]，构建了可在信息物理系统 (CPS) 上直接使用的标准集成模型，用以在数字世界中描述企业资产 (见图 2)。现阶段，德国逐步将标准数字化重点转向数字孪生领域，以适应快速发展的数字孪生研究与应用需求 [37]。

（二）国内发展现状

经过长期的标准化工作实践与态势跟踪研究，我国认识到标准数字化的重大意义，部分机构已逐步开展标准数字化研究。国内研究集中在 3 个方向：内容的语义化，如国家标准馆基于语义识别技术与丰富的国内外标准数据，研究开发了中外标准内容指标比对系统 [38]；知识图谱技术在标准领域的应用，如中国电子技术标准化研究院提出并立项了 IEEE 标准 P2959《面向标准知识图谱技术要求》[39]；标准数字化数据集，如中国标准化研究院牵头起草了 GB/T 22373—2021《标准文献元数据》[40]，部分行业起草了专门的标准数字化标签集。

我国标准数字化相关技术（机器可读、知识图谱等）标准的制定工作主要由全国信息与文献标准化技术委员会（TC4）、全国信息技术标准化技术委员会（TC28）完成。整体来看，现阶段还处于纸质标准结构化、电子化这一标准数字化初级阶段，没有开展针对标准数字化的系统研究，也没有成立具有针对性的全国标准化技术委员会（TC）或分技术委员会（SC）。

四、标准数字化的发展趋势

（一）标准内容回归知识本质，形成标准知识的“本体”

利用语义建模、人工智能、可视化等技术实现标准内容知识的提取、分类与表达，将海量的标准文本转化成可自由使用的动态知识网络，通过构建标准知识“本体”来实现“人-机”“机-机”对标准知识的使用与相互理解。相应地，为了与机器进行交互，标准在编制时的内容编排、表达、引用、格式甚至语义逻辑都需要在考虑数字化前提下进行更新，自然语言将不再是标准知识的唯一载体，可能出现用机器语言表达的“标准”。事实上，开源社区 GitHub 中已出现相关的数字标准开源项目 [16]，国际供应链管理协会（ASCM）也在 2020 年推出了供应链运作参考模型（SCOR）的框架版本（称为 SCOR 数字标准）[41]，这将对现有的标准化概念体系、原理及方法形成冲击。当前对“数字标准”的主要理解是，基于数字环境开发的机器可读、可解释的标准形式，由一组功能相关的数据和指令集合组成；这也意味着未

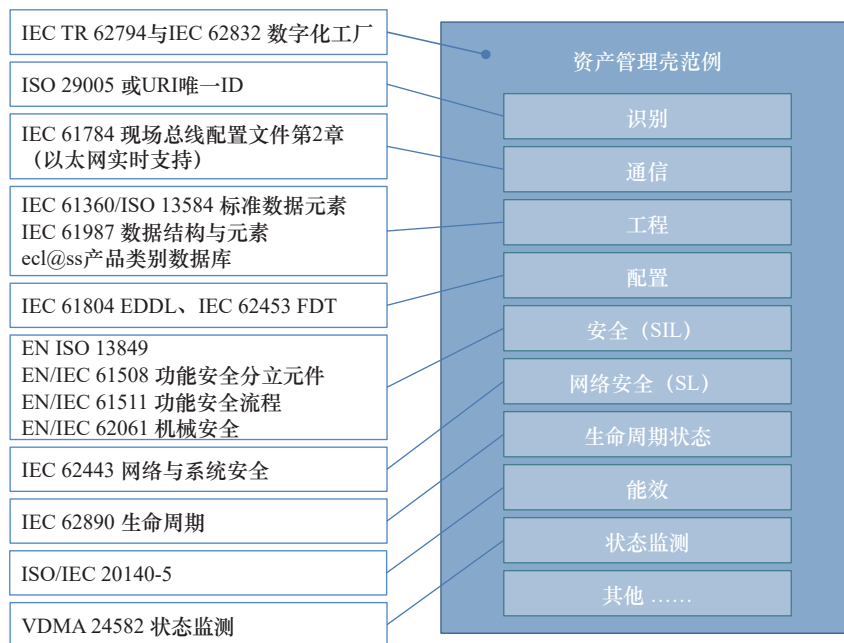


图 2 德国工业 4.0 资产管理壳 [36]

注：URI 表示统一资源标识符；ID 表示身份标识号；VDMA 表示德国机械设备制造业联合会。

来在某些领域和场景下（如物理信息系统、数字孪生等），可能出现文本标准与数字标准共存的情况。

（二）标准更开放、更共享、更智能，形成标准化的“开源”模式

标准的“开源”模式会影响标准的全生命周期。一方面，数字技术使各利益相关方协同研制标准并进行信息的实时交互共享成为可能，标准研制方式由原先的逐项、逐步研制向整体、并行研制转变，在缩短研制周期的同时改变了标准化的整个工作模式，新型冠状病毒肺炎疫情进一步推动了这种趋势。另一方面，标准的获取与使用也会更智能、更直接，无需下载阅读大量的文本即可实现快速的知识检索、智能推送，甚至通过机器直接编译成工作指令或规则，直接对业务过程（如认证认可）产生影响。此外，标准的单次付费购买使用模式也会发生变化。

（三）数字化为标准化领域带来新的治理挑战

随着标准数字化的发展，标准的普及与使用将更加广泛，开源社区与标准化组织的影响力将进一步增强。现阶段的标准数字化需求仅集中在信息与通信技术、金融科技以及数据行业，但已有组织机构开始在社会治理领域构建数字标准框架，面向社会公开采集信息 [15]。采集过程中的信息获取、处理和使用，有可能引起诸如知识产权、数据安全、隐私保护等系列治理与伦理问题，相关问题的处置将成为标准数字化研究的新命题。

五、思考与建议

标准数字化专注于探讨标准本身如何应对数字技术带来的冲击，以此为基点推动标准化的数字化转型。我国标准数字化还处于摸索阶段，需结合当前标准化水平、研究基础、领域需求来整合现有资源，在工作机制、科学研究、试点示范、国际交流等方面积极行动，筑牢经济社会发展的标准数字化基础。

（一）成立专门的标准数字化转型工作机构

该机构主要负责我国标准数字化发展规划制定，分工协同、统筹推进相关工作，为未来标准数

字化转型相关工作提供方向指引与决策建议。具体工作机构应包括相关政府部门、科研机构、企事业单位、专业技术组织。

（二）开展标准数字化理论和技术研究

在国家科技政策及科技计划中，引导开展标准数字化转型共性和关键技术研究，着力解决相关理论、方法、模型等基础共性问题，领域应用中的语义识别、数据分析、规则集成等关键问题。

（三）培育标准数字化的产业应用生态

围绕标准数字化生成机制和应用场景进一步扩大试点范围。标准数字化的根本需求来源于实际应用，通过扩大试点示范以探寻更广泛的标准数字化应用方式（如标准知识图谱、标准知识服务平台），更深刻的标准数字化创新（如人工智能、大数据技术在标准制定实施中的深度应用）。

（四）深入开展标准数字化国际合作交流

我国已开始委派专家参与 ISO/IEC 等国际标准化组织的数字化转型战略以及机器可读标准的研究工作，但因标准数字化起步较晚而与先进组织和国家存在一定差距。需要围绕相关主题积极参与国际标准化工作和活动，加强研究成果和实践经验交流，培养国际化的专业人才培养队伍，为加速我国经济社会的数字化进程提供助力。

参考文献

- [1] 中国信息通信研究院. 中国数字经济发展白皮书(2020年) [R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2020.
China Academy of Information and Communications. White paper on China's digital economy development (2020) [R]. Beijing: China Academy of Information and Communications, 2020.
- [2] 安倍生. 从丹麦开放标准政策看《TBT协定》对信息技术标准的适用性 [J]. 信息技术与标准化, 2011 (8): 7-11.
An B S. The applicability of the TBT agreement to information technology standards: The implications of the Denmark open standard notification [J]. Information Technology and Standardization, 2011 (8): 7-11.
- [3] Ward D. Open standards, open source, open loop [EB/OL]. (2014-11-13)[2021-08-03]. <https://blogs.cisco.com/news/open-standards-open-source-open-loop>.
- [4] OCI. Certification program [EB/OL]. (2015-08-30)[2021-08-03]. <https://opencontainers.org/community/certified/>.
- [5] 国家人工智能标准化总体组. 人工智能开源与标准化研究报告 (2019年) [R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2019.

- National AI Standardization Group. Research report on AI open source and standardization (2019) [R]. Beijing: China Institute of Information and Communication, 2019.
- [6] CEN-CENELEC. CEN-CENELEC digital transformation strategic plan [R]. Brussels: CEN-CENELEC Management Centre, 2017.
- [7] ISO/TMBG SAG MRS. Questionnaire on ISO TCs' experience of working with SMART standards [Z]. Geneva: ISO, 2019.
- [8] 汪烁, 段非凡, 林娟. 标准化工作适应全球数字化发展的必然趋势——标准数字化转型 [J]. 仪器仪表标准化与计量, 2021 (3): 1-3, 14.
Wang S, Duan F F, Lin J. Standardization adapting to the inevitable trend of global digital development: Standard digital transformation [J]. Instrument Standardization and Measurement, 2021 (3): 1-3, 14.
- [9] 习近平. 习近平在中国科学院第十九次院士大会、中国工程院第十四次院士大会上的讲话 [EB/OL]. (2018-05-28)[2021-08-03]. <http://cpc.people.com.cn/n1/2018/0529/c64094-30019426.html>.
Xi J P. Xi Jinping speech at the Nineteenth Academician's Meeting of Chinese Academy of Sciences and the Fourteenth China Academy of Engineering Conference [EB/OL]. (2018-05-28)[2021-08-03]. <http://cpc.people.com.cn/n1/2018/0529/c64094-30019426.html>.
- [10] 新华网. 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]. (2021-03-11)[2021-08-03]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
Xinhua Net. The 14th five year plan for national economic and social development of the People's Republic of China and the outline of long-term objectives for 2035 [EB/OL]. (2021-03-11)[2021-08-03]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm.
- [11] 中共中央 国务院印发《国家标准化发展纲要》[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2021 (30): 35-41.
The Central Committee of the CPC and the State Council print and issue the *outline for the the development of national standardization* [J]. Gazette of the State Council of the People's Republic of China, 2021 (30): 35-41.
- [12] 央视网. 国家标准委: 国家标准制定周期将缩短到30个月[EB/OL]. (2019-01-10)[2021-08-03]. <http://news.cctv.com/2019/01/10/ARTIGRNSUdZCDHhCelK0Pid190110.shtml>.
CCTV Network. National standards commission: The national standard formulation cycle will be shortened to 30 months [EB/OL]. (2019-01-10)[2021-08-03]. <http://news.cctv.com/2019/01/10/ARTIGRNSUdZCDHhCelK0Pid190110.shtml>.
- [13] 马书惠, 毋涛. NFV标准与开源技术现状[J]. 电信科学, 2016, 32(3):43-47.
Ma S H, Wu T. Current situation of NFV standard and open source technology [J]. Telecommunications Science, 2016, 32 (3): 43-47.
- [14] ANSI. Annual report 2019—2020 [R]. Washington DC: ANSI Headquarters, 2020.
- [15] Consumer Reports, Inc. The digital standard [EB/OL]. (2015-08-30)[2021-08-03]. <https://thedigitalstandard.org/>.
- [16] Digital Standard Co., Ltd. Project: Digital standard (2015-08-30) [EB/OL]. [2021-08-03]. <https://github.com/digital-standard/>.
- [17] BSI. New BSI Flex standards enable dynamic consensus [EB/OL]. (2020-09-16)[2021-08-09]. <https://www.bsigroup.com/en-GB/about-bsi/media-centre/press-releases/2020/september-2020/new-bsi-flex-standards-enable-dynamic-consensus/>.
- [18] BSI. Flex standards-dynamic good practice for a fast-changing world [EB/OL]. (2015-08-30)[2021-08-03]. <https://www.bsigroup.com/en-GB/our-services/standards-services/flex/>.
- [19] ISO. ISO strategy 2030 (the 3rd edition) [R]. Geneva: ISO Central Secretariat, 2021.
- [20] IEC. IEC发展规划(2017年) [R]. 北京: 中国电器工业协会, 2017.
IEC. IEC development plan (2017) [R]. Beijing: China Electrical Industry Association, 2017.
- [21] ITU. ITU, Strategic plan for the union for 2020—2023 [R/OL]. (2015-08-30)[2021-08-03]. <https://www.itu.int/en/council/planning/Pages/default.aspx>.
- [22] CEN-CENELEC. CEN-CENELEC strategy 2030 [R]. Brussels: CEN-CENELEC Management Centre, 2021.
- [23] COPANT. COPANT战略规划(2021—2025) [R]. 上海: 美洲标准化研究中心, 2020.
COPANT. COPANT strategic planning (2021—2025) [R]. Shanghai: American Standardization Research Center, 2020.
- [24] BSI. Inspiring trust for a more resilient world-annual report and financial statements 2019 [R]. London: The British Standards Institution, 2020.
- [25] ANSI. United States standards strategy [R]. Washington DC: ANSI Headquarters, 2020.
- [26] Cao X X. German enables standards to benefit global stakeholders [J]. China Standardization, 2019 (1): 48-51.
- [27] Executive Office of the President of the US. National artificial intelligence R & D strategic plan: Updated in 2019 [R]. Washington DC: White House, 2019.
- [28] Carter W A, Kinnucan E, Elliot J. A national machine intelligence strategy for the United States [R]. Washington DC: CSIS Technology Policy Program, 2018.
- [29] ZVEI. Examples of the asset administration shell for industrie 4.0 components – Basic part [R]. Frankfurt: German Electrical and Electronic Manufacturers' Association, 2017.
- [30] CEN-CENELEC. Annual report 2019 [R]. Brussels: CEN-CENELEC Management Centre, 2020.
- [31] BSI. BSI Flex 5555 community face coverings-specification V2.1 [S]. London: BSI Standards Limited, 2021.
- [32] BSI. BSI Flex 1890 connected and automated vehicles-vocabulary v3 [S]. London: BSI Standards Limited, 2021.
- [33] ANSI. ANSI's joint member forum—future perfect—explores new technologies and the digital transformation of standardization [EB/OL]. (2017-11-06)[2021-08-03]. <https://www.ansi.org/news/standards-news/all-news/2017/11/ansi-joint-member-forum--future-perfect--explores-new-technologies-and-the-digital-transformation-o-06>.
- [34] 林雪萍, 韦莎. 德国工业4.0这三年 | 学不会的德国思维 [EB/OL]. (2018-12-27)[2021-08-03]. <https://mp.weixin.qq.com/s/VWnRUzfGCgS1sGJadE9Rg>.
Lin X P, Wei S. The past three years of Industry 4.0: Germany thinking that Cannot be learned [EB/OL]. (2018-12-27)[2021-08-03]. <https://mp.weixin.qq.com/s/VWnRUzfGCgS1sGJadE9Rg>.
- [35] ZVEI. Submodel templates of the asset administration shell—generic frame for technical data for industrial equipment in manufacturing [S]. Berlin: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), 2019.

- [36] ZVEI. Details of the asset administration shell part 1: The exchange of information between partners in the value chain of industrie 4.0 (version 2.0) [S]. Berlin: Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), 2019.
- [37] 工业4.0研究院. 全球工业4.0研究报告(2020) [R/OL]. (2019-09-30)[2021-08-03]. <http://www.innovation4.cn/library/r43410>.
Industrial 4.0 Research Institute. Global industrial 4.0 research report (2020) [R/OL]. (2019-09-30) [2021-08-03]. <http://www.innovation4.cn/library/r43410>.
- [38] 计雄飞, 陈云鹏, 甘克勤. 标准实施效果评价初探 [J]. 中国标准化, 2015 (z1): 40–44.
Ji X F, Chen Y P, Gan K Q. Comparison of standard indexes [J]. China Standardization, 2015 (z1): 40–44.
- [39] 中国电子技术标准化研究院. IEEE标准《面向标准的知识图谱技术要求》获批立项[EB/OL]. (2020-10-10)[2021-08-03]. https://www.baidu.com/link?url=rcVYEfcLaLj0bXRSZhL-HAGhPyOSZl6nWiEuYrfuFZFJ-9mJknT4iV1o77UQD_CLS&wd=&eqid=9984e9b7000e3a33000000026065d54b.
China Institute of Electronic Technology Standardization. IEEE standard *technical requirements for standard oriented knowledge atlas* was approved [EB/OL].(2020-10-10)[2021-08-03]. https://www.baidu.com/link?url=rcVYEfcLaLj0bXRSZhL-HAGhPyOSZl6nWiEuYrfuFZFJ-9mJknT4iV1o77UQD_CLS&wd=&eqid=9984e9b7000e3a33000000026065d54b.
- [40] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 22373—2021 标准文献元数据 [S]. 北京: 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会, 2021.
State Administration for Market Regulation, Standard Administration. GB/T 22373—2021 Standard document metadata [S]. Beijing: State Administration for Market Regulation, Standard Administration, 2021.
- [41] The Association for Supply Chain Management (ASCM). SCOR digital standard [EB/OL]. (2015-08-30)[2021-08-03]. <https://www.ascm.org/corporate-transformation/standards-tools/scor-ds/>.