

标准数字化转型发展趋势与策略研究

狄矢聪

(上海市质量和标准化研究院)

摘要:为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,本文从政策、标准化、实践3个方面系统梳理了国内外标准数字化转型发展现状及特点,归纳总结发展趋势。围绕发展阶段、技术创新、应用场景、监管治理、政策保障、国际合作6个方向提出了未来标准数字化转型发展策略的建议,以期为我国开展相关工作提供参考。

关键词:标准数字化转型,标准化战略,机器可读标准,发展趋势,发展策略

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2023.03.006

Research on Development Trend and Strategy of Standards Digital Transformation

DI Shi-cong

(Shanghai Institute of Quality and Standardization)

Abstract: In order to grasp the opportunity of world digitization effectively, and promote the digital level and international competitiveness of China's standards, this paper systematically reviews the development status and characteristics of foreign and domestic standards digital transformation from three aspects of policy, standardization and practice, and summarizes the development trend. It then puts forward suggestions on the future standards digital transformation development strategy from six directions: development stage, technological innovation, application scenarios, supervision and governance, policy guarantee and international cooperation, so as to provide reference for China to carry out relevant work.

Keywords: standards digital transformation, standardization strategy, machine readable standards, development trend, development strategy

1 标准数字化转型概述

标准数字化转型是标准化工作适应全球数字化发展的必由之路,各行业领域数字化程度日益加

深倒逼标准化工作做出新的变革。目前对标准数字化转型尚未形成权威、统一的定义,但其内涵和外延至少包括以下几个重要方面。

1.1 标准数字化转型的内涵

基金项目: 本文受上海市2022年度“科技创新行动计划”软科学研究项目“标准数字化转型发展趋势与应用方向研究”(项目编号:22692195600)资助。

作者简介: 狄矢聪,硕士,工程师,主要研究方向为国际标准化与标准信息舆情研究。

以数字融合为手段——标准表现形式的数字化转型。利用数字技术(如:大数据、云计算、人工智能等)和软件工具对标准本身赋能,创建标准结构和内容机器可读的全新表达方式^[1],使标准利益相关方都能从单元化、模块化、结构化的标准供给新形式中获益。

以数据要素为驱动——标准化方法的数字化转型。让数字技术渗透到标准全生命周期,实现灵活高效可交互的标准研制过程;对标准结构化数据留痕管理,便于自动提取、智能分析、知识发现等,拓展精准便捷可互联的标准应用模式,使标准利益相关方能够采用数据驱动的方式对标准全生命周期进行跟踪、监督和管理,以确保市场主导的标准化和政策指导的法规之间的一致性。

1.2 标准数字化转型的外延

以业务创新为导向——标准化活动的数字化转型。与行业产品和服务的全流程融合,让标准承载的规则要素能够以数字形式提供给不同业务流程中的应用程序、自动化系统或用户自定义的数字设备进行自动识别、调用传输与解析访问,充分挖掘标准文献资源内在附加值,探索满足不同应用场景和用户需求的开放共享可定制的标准数智化服务,推动行业标准化治理创新和商业模式重构,以更低的

成本加速开发,并确保符合最新的标准,实现精准的标准版权、专利技术和数据保护,引领行业高质量发展。

以生态体系为依托——标准体系的数字化转型。标准数字化转型,不是一项封闭的内部工程,而是相互连接、协同创新的动态过程。通过数字技术赋能标准体系的建设,营造良好的标准数字化生态,实现数字化、数据化、数智化梯度发展的标准体系管理,更加敏捷地适应市场与技术创新的需要。

2 标准数字化转型发展现状

随着数字经济的不断发展,数字化转型对标准化工作提出了新的需求。国内外标准化组织深入推进标准数字化战略规划、标准制定、实践应用等研究,相关发展现状汇总如图1所示。

2.1 标准数字化转型政策现状

国际层面,ISO将数字技术作为影响《ISO战略2030》^[2]变革的驱动因素之一,融合数字技术将有助于提高标准交付效率和最大化产品价值;《IEC总体规划2018》^[3]考虑利用数字化机制开发新的IT工具,以制定符合数字经济需求的标准,实现“标准即服务”;国际电信联盟(IITU)发布《ITU战略规划

标准组织	战略规划	组建工作组	标准制定	实践应用
国际组织 ISO、IEC和 ITU	<ul style="list-style-type: none"> 《ISO战略2030》 《IEC总体规划2018》 《ITU战略规划2020-2023》 	<ul style="list-style-type: none"> ISO机器可读标准战略咨询组(SAG MRS) IEC SG12“数字化转型和系统方案”战略组 IEC SMART“标准化与合格评定”任务组 	<ul style="list-style-type: none"> 元数据类标准 语义标注类标准 软件开发类标准 SMART标准 	<ul style="list-style-type: none"> 5个方向ISO SMART试点项目 IEC在测控及自动化、电力领域开展数据库标准实践 ISO/IEC在线标准开发(OSD) ISO在线标准浏览平台(OBP) IEC e-tech在线平台
欧洲CEN和 CENELEC	<ul style="list-style-type: none"> 《CEN-CENELEC数字化转型战略计划2017》 《标准数字化:通过标准化支撑数字化转型2021》 《CEN/CENELEC战略2030》 	CEN数字信息技术战略顾问组(DITSAG)	/	<ul style="list-style-type: none"> 启动“在线标准化”、“未来标准”和“开源创新”3个项目实践
美国ANSI	ANSI在2019-2020年年报中积极支持ISO SMART标准战略	/	ANSI/NISO Z39.102-2017《标准标签集》	<ul style="list-style-type: none"> 在无人机系统、5G、商业航天、先进材料等6个领域试点
英国BSI	《英国数字战略2022》	BSI数字战略咨询小组(SAG)	BSI Flex标准	<ul style="list-style-type: none"> BSI与英国皇家认可委员会合作推动机器可读标准认证
德国DIN和 DKE	<ul style="list-style-type: none"> 《数字化转型和标准场景白皮书2021》 《SMART标准用例白皮书2022》 	DIN组建标准数字化“愿景和路线图”、“国际标准对口工作”、“用例和试点项目”3个工作组	ecl@ss标准	<ul style="list-style-type: none"> 工业4.0资产管理壳标准集成模型
俄罗斯 ROST	《俄罗斯标准化战略(2019-2027)》	/	/	<ul style="list-style-type: none"> 逐步将国家标准转换为“机器可读格式”
中国 SAC	<ul style="list-style-type: none"> 《国家标准化发展纲要》 《“十四五”推动高质量发展的国家标准化体系建设规划》 	<ul style="list-style-type: none"> 机器可读标准化工作组 中德SMART标准工作组 全国标准数字化标准化工作组 	<ul style="list-style-type: none"> GB/T 22373-2021《标准文献元数据》 起草机器可读相关国家标准 	<ul style="list-style-type: none"> 在工业自动化、航空等领域开展试点

图1 国内外标准数字化转型发展现状汇总

2020–2023》^[4]指出数据可用性是全球利用人工智能技术进行创新时需要应对的一个关键挑战。

区域层面和发达国家层面, CEN和CENELEC制定《CEN/CENELEC战略2030》^[5]阐述了加强与ISO/IEC协同工作, 引领全球数字标准解决方案; 美国早在2019–2020国家标准化协会(ANSI)年报^[6]中就曾强调SMART标准的战略重要性, 积极帮助ISO推进机器可读标准的发展; 英国政府发布《英国数字战略2022》^[7], 将创建全球数据流动基础设施、标准和规则框架, 以提升数字标准治理的全球领导地位; 德国《DIN/DKE SMART标准用例白皮书2022》^[8]系统梳理了标准数字化概念和用例, 进一步发挥在ISO/IEC相关工作中的引领作用; 《俄罗斯标准化战略(2019–2027)》^[9]中指出为加速推进联邦标准信息储存库数字化, 计划到2027年其机器可读标准的占比要达到80%。

中国层面, 2021年10–12月间先后发布了《国家标准化发展纲要》^[10]和《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》^[11], 将探索机器可读标准、开源标准等国家标准供给新形式上升到了全新的战略高度。

2.2 标准数字化转型标准化现状

2.2.1 组建工作组情况

2018年12月, ISO成立机器可读标准战略咨询组(SAG MRS), 目前该咨询组已转移到ISO/IEC JTC 1/SC 7/AHG 6数字工程和AHG 7开源软件下, 负责机器可读标准的软件、系统开发工作^[12]。

2019年10月, DIN组建标准数字化“愿景和路线图”“国际标准对口工作”“用例和试点项目”3个工作组, 利用数字技术推动标准–产业–应用模式链条的实现。

2019年12月, CEN设立数字信息技术战略顾问组(DITSAG), 负责对数字信息技术领域的战略优先事项、资源配置、预算协调等相关方面提供建议, 包括制定数字化转型计划。

2020年10月, IEC市场战略局(MSB)重启SG12“数字化转型和系统方案”战略组, 负责推进IEC数字化转型相关任务。

2021年9月, 中国国际标准化管理委员会(SAC)成立了“机器可读标准化工作组和专项任务组”, 包

括基础体系组、应用技术组、国际合作组、信息平台组, 委派专家主动参与ISO/IEC相关工作。

同月, 英国标准协会(BSI)成立数字战略咨询小组(Strategic Advisory Group, 简称SAG)^[13], 旨在发现急需开展标准数字化工作的重点行业和领域, 有效支撑英国产业数字化转型。

2021年10月, IEC决定成立“SMART标准化与合格评定”任务组, 收集有关建议和意见, 确保与ISO在机器可用、可读、可解析标准(Standards Machine Applicable, Readable and Transferable, 简称SMART)工作上的协调与合作。

2022年2月, SAC与DKE、DIN组建“中德SMART标准工作组”, 机械工业仪器仪表综合技术经济研究所和中国航空综合技术研究所作为支撑单位, 共同推动ISO和IEC朝着更智能化标准的方向发展。

2022年11月, 国家市场监督管理总局(标准委)成立全国标准数字化标准化工作组, 主要负责标准数字化基础通用、建模与实现共性技术、应用技术等领域国家标准制修订工作^[14]。

2.2.2 标准制修订情况

国际层面, 目前在标准数字化转型领域应用的ISO标准主要集中在元数据类标准(如: ISO 24622-1:2015组件元数据模型)、语义标注类标准(如: ISO 24613-2:2020机器可读字典模型)和软件开发类标准(如: ISO 26162-2:2019术语数据库软件)等方面, 共同推动ISO SMART标准的快速发展。这些标准由ISO/TC 37语言与术语技术委员会制定, 为标准数字化技术研究提供专业的标准信息支撑。

发达国家层面, 美国国家信息标准组织(NISO)发布的ANSI/NISO Z39.102–2017 Standards Tag Suite是ISO/IEC标准标签集的基础^[15], 提供了通用的XML标记语言编制标准的格式; 为减少数字孪生信息交换的摩擦, BSI开发了Flex标准^[16]可基于领域共识和市场需求快速迭代发布, 目前已应用于建筑环境、供应链等领域, 加速技术创新; 德国电子商务协会ecl@ss以ISO、IEC的相关标准为基础, 发布了一项用于划分和描述产品和服务类别的国际标准^[17], 按产品规格具备不同的属性层次, 通过4层分类和1个8位代码, 就能实现对每个产品和每项服务

的精准描述,同时集成了机器可读代码形式的识别符,以杜绝混淆和重复。

中国层面,由中国标准化研究院作为牵头单位,国家标准馆主导修订了国家标准GB/T 22373—2021《标准文献元数据》,为全国范围内提高著录加工水平,更好适应当前标准化和信息技术迅猛发展的需求;2022年发布国家标准计划《机器可读标准能力等级模型》,积极起草标准数字化转型领域国家标准,该标准由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(TC 124)归口,主要起草单位是机械工业仪器仪表综合技术经济研究所。

2.3 标准数字化转型实践现状

国际层面,ISO选定了5个优先试点方向,启动ISO SMART项目,研究有关机器可读标准应用案例、业务模式和技术解决方案等;IEC在测控及自动化(TC 65)、电力(TC 69)等领域已优先开展标准公共数据字典、知识图谱等数字技术实践工作;ISO和IEC于2020年10月启动搭建在线标准开发(OSD)平台,采用基于XML的标准标签组件模式进行文件编写,支持标准制定全过程的在线协作^[18]。

区域和发达国家层面,2018年CEN和CENELEC启动了“在线标准化”“未来标准”和“开源创新”项目实践^[19],目前已在建筑、石油领域开展标准数字化应用试点;ANSI在无人机系统、5G、商业航天工业、先进材料等领域推进SMART标准研究工作;BSI与英国皇家认可委员会(UKAS)合作,推动机器可读标准认证^[20];DIN逐步将标准数字化实践重点转向数字孪生领域,以适应快速发展的应用需求。

中国层面,国家标准馆着力建设标准知识库和标准知识服务能力,在中外标准内容揭示和指标比对方面积累了丰富的经验;中国电子技术标准化研究院开展知识图谱技术在标准化领域应用的研究,提出并立项了IEEE P2959^[19];结合国家市场监督管理总局标准技术管理等专项支持,我国已优先在工业自动化、航空航天等领域开展标准数字化试点项目^[20]。

2.4 标准数字化转型发展现状特点

目前各标准化组织均结合自身特点选择合适的技术路径,以标准内容、研制过程和标准应用的数字化为切入点,推进标准数字化转型。

国外标准数字化转型主要路径有两条:(1)从供给端出发,利用数字技术赋能标准数字化制定,通过协同研制与标准全生命周期的信息化管理提升标准交付效率和质量。(2)从应用端出发,利用数字技术赋能标准数字化应用,丰富标准内容表达和应用方式,实现标准内容机器可读、可理解、可执行,提升实际应用效能。

总体而言,我国标准数字化转型的发展现状呈现如下特点:(1)标准数字化需求大,随着我国数字经济渗透到各行各业,发展速度快、应用场景多、辐射范围广、影响程度深,倒逼标准化工作适应新的发展趋势。(2)整体处于起步阶段,我国标准数字化基础薄弱,当前标准的发布格式还主要集中在纸质版或电子文档,较国外能提供XML格式的机器可读标准文档存在一定差距,与新形势下数字化发展要求不匹配。(3)顶层设计有待完善,我国尚缺乏针对标准数字化转型的专项规划和技术路线图等战略性政策支撑,可能会造成各自为战的“信息孤岛”。(4)缺乏专门针对标准数字化转型领域研制的特定标准,不利于工作推进过程中的系统兼容和协调统一。(5)标准数字化关键技术的研发有待加强。数字技术与标准化领域的融合程度不深,标准数字化核心技术的研究还有待突破。(6)重点领域有待先行示范。我国标准数字化缺乏良好的应用生态系统和实施解决方案,难以打通标准数字化实现路径。

3 标准数字化转型发展趋势

3.1 趋势一: 标准化本身的数字化转型

在内容表达形式上,标准内容将回归知识本质,由“知识文本化”向“文本知识化”转变。知识的表达形式将更加多样化,出现“自然语言标准、自然语言标准+机器可读标准、机器可读标准”共存的局面。

在标准化过程上,标准将更开放、共享和智能,形成标准化的“开源”模式,体现在标准研制、使用过程的组织以及相关数据/信息的获取、使用等方面。

3.2 趋势二: 标准化管理交付和业务能力的数字化转型

在标准化管理交付上,传统的以标准文本进行管理的模式将被由标准信息单元和标准信息模型构成的标准资源数据库管理模式所替代。传统的纸质或电子文档标准将被以XML文件、数据库标准、信息模型、软件程序、SMART标准资源库等多形式的访问接口交付给标准的最终使用者。与此同时,标准化组织不再仅仅销售标准文本,还可以提供标准数字化智能服务,部分标准版权也将由软件许可权所替代。

在标准化业务能力上,标准数字化转型将使标准化业务流程具备软件服务、知识计算等数字化能力,开发数字化工具围绕标准内容进行数据挖掘和数据应用,通过大数据、云计算、自然语言处理等技术,更好地开发利用海量的标准资源,从而在已有的核心业务上形成新的业务模式,包括通用标准服务之上的增值服务、与其他组织的共享服务、与其他存储库接口的对接服务、特定领域的附加语义关联服务以及通过监控数字用户行为获得市场情报等(如图2所示)。

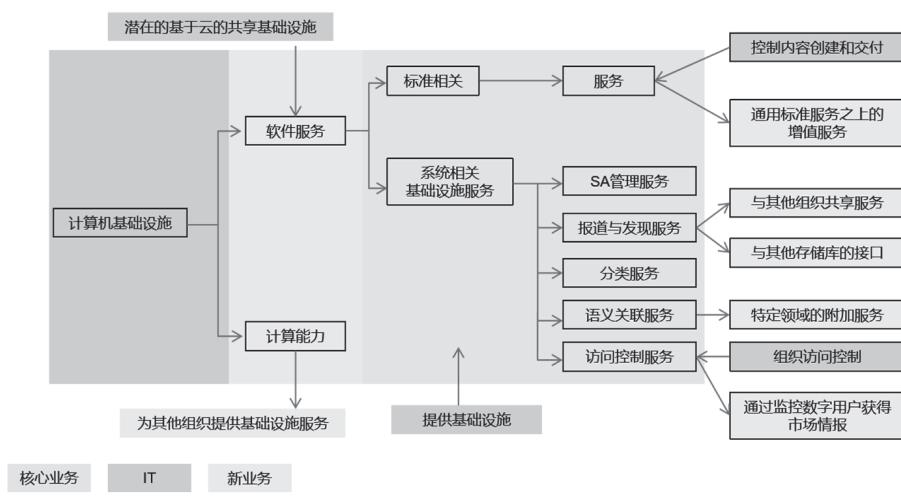


图2 标准文献新的业务模式创建

3.3 趋势三：标准化组织的数字化转型

在标准化治理上,数字化将为标准化领域带来新的挑战,包括基础架构建设、数据安全、数据伦理、知识产权等方面的问题,从而要求标准化组织的变革跟上标准数字化转型来发展。

新型面向标准数字化转型挑战的组织需要具备的能力有:推动建设和实施新的(IT-)基础架构来

构建标准数字化平台;负责开发和维护标准的数字化服务/功能(包括数字标准的创建、管理和交付);标准内容相关的资源库维护和版权保护;建立组织成员之间新的基础设施共享机制和新的商业协作模式。

3.4 趋势四：标准信息服务的数字化转型

从标准信息组织到标准知识组织,运用情报计算、数据挖掘、知识图谱等分析处理技术,将所有标准信息资源碎片化,科学、规范地提取隐性知识。通过数据/知识点的分类标引和知识关联,进而形成用户可定制、可利用的知识产品。

从单一检索功能到分析决策功能,在一站式信息检索、参考咨询、收录引证等文献获取和利用的通用标准服务之上,通过数字技术对标准知识的语义建模,机器可自主分析决策并为标准化过程提供预测性的内容,如:支持智能问答等知识增值服

从单项输出到双向互动体验,在为用户提供数字标准资源的在线查阅、分析决策等单项服务输出的基础之上,可将数字标准资源包装成适用于局域

网、互联网、移动网的人机交互体验的增值产品,增强数字标准的网络可见性和开放互动性。

从单次付费购买的使用模式到向数据或创新要素转变,通过数字化技术将标准作为一种数据或创新要素嵌入产业发展和科技创新活动中,强化标准数字化与经济发展融合水平,提升标准对经济增长的贡献率。

4 对标准数字化转型发展策略的建议

4.1 发展阶段方向

标准数字化转型的发展正朝着结构化、知识化、智能化的方向纵深推进,应当从近、中、远期分步规划来实现从获取数据、理解数据到应用数据的阶梯式发展。近期目标,加快标准文献结构化转化以实现机器可读的XML格式文档(机器可读标准

能力模型第2级),为标准数据价值挖掘奠定基础;中期目标,发挥自然语言处理等信息技术在标准文献挖掘中的作用,实现标准文献实体和关系识别,可根据应用场景选择性访问赋有语义的标准内容或通过应用程序界面(API)对标准内容执行更加复杂的操作(机器可读标准能力模型第3级);远期目标,基于人工通用智能(AGI),机器具有自学习和验证的能力,可实现自主询问、应答、预测性地提供所需的标准内容(如:可响应产业链采购、销售环节的需求等),不断优化内容的访问和理解析的方式(机器可读标准能力模型第4~5级),如图3所示。

4.2 技术创新方向

培育地方先进标准如:“上海标准”带动标准数字化创新,提升新一代信息技术与标准全生命周期的融合赋能。加快标准数字化关键共性技术和方法工具等创新性研究突破,探索数据挖掘,创新算法模型,创建数字化转型领域“上海标准”,不断提高技术适配度,实现标准数据和实体的全面联接,推动流程创新,促进数据价值,也使实时决策成为可能。进而实现标准信息共享方式的全局优化——真正意义上的“标准开源”,为标准全生命周期过程管理提供全面的决策支持。

4.3 应用场景方向

立足国家重点产业结构特点,以标准化试点示范项目带动形成标准数字化研制及存量标准数字化转化可复制推广经验模型,固化最佳实践汇编成

实施指南或案例集,供相关领域研究人员参考交流,借鉴重点领域的发展路径和先进经验,避免重复劳动。标准数字化最有效的应用场景是生产现场的装备按标准自动执行流程,这些领域的标准数字化可以先行推进。在条件成熟领域推动构建标准数字化知识网络,建立数字信任,形成数据底座。

4.4 监管治理方向

探索数字化条件下标准管理新机制,提高数字化治理效能。当数字技术赋能标准全生命周期,机器可阅读、理解、执行标准中的内容,基于习得的知识直接控制标准化的过程。然而原先标准供人阅读后使用尚能产生分歧偏差之处,那机器就更有可能无法完全理解多义的标准内容。这就需要制定标准数字化监管新机制,明确各环节监管权限(何时需要人工介入以纠错),包括数据安全、数据伦理等,管理体制机制必须跟上标准数字化来发展。

4.5 政策保障方向

建立完善的开源知识产权保护体系。发挥标准开源化在标准数字化转型中的重要作用,促进标准数字化技术的迭代升级。全面完善“开源模式”的知识产权制度和法律体系构建,鼓励数字化开源技术的创新应用发展,降低技术标准背后的利益博弈对标准数字化转型工作的隐形影响。

4.6 国际合作方向

加强标准数字化国际合作。我国已委派专家积极参与ISO/IEC等国际标准化组织数字化转型战略

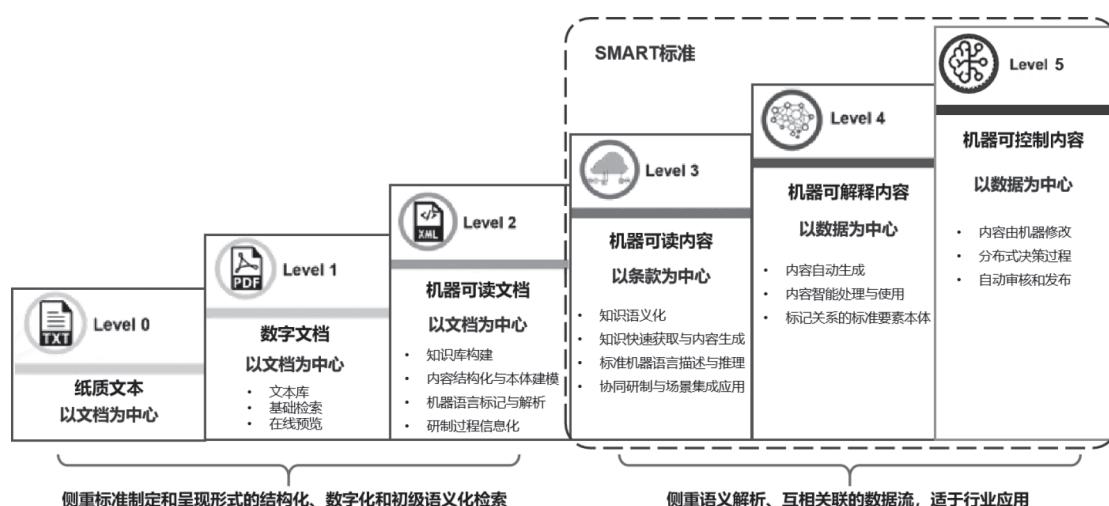


图3 ISO/IEC+DIN机器可读标准能力等级模型

和机器可读标准的研究工作,依托我国现有标准国际化基础,抓紧机遇搭建沟通的桥梁,充分借鉴和参考国际社会标准数字化试点项目先进经验和做法,实现借力发展。结合我国实际情况,按照标准数

字化转型技术演进路径与国际标准组织保持一致的原则,加强研究成果转化为和实践经验交流,推进标准数字化转型试点应用早日落地。

参考文献

- [1] 汪 烨, 卢铁林, 尚羽佳. 机器可读标准——标准数字化转型的核心[J]. 标准科学, 2021(S1):6–16.
- [2] ISO. ISO Strategy 2030[EB/OL]. [2021–02]. <https://www.iso.org/publication/PUB100364.html>.
- [3] IEC. IEC Masterplan[EB/OL]. [2018–06–20]. <https://www.iec.ch/basecamp/iec-masterplan>.
- [4] ITU. ITU Strategic Plan 2020–2023[EB/OL]. [2018–05–31]. https://www.itu.int/en/council/planning/Documents/ITU_Strategic_plan_2020–2023.pdf.
- [5] CEN–CENELEC. CEN work programme–2021_uk[EB/OL]. [2020–12]. <https://www.cen-cenelec.eu/media/CEN–CENELEC-Publications/workprogramme2021.pdf>.
- [6] ANSI. 2019–2020 Annual Report[EB/OL]. [2020–10–21]. <https://share.ansi.org/Shared%20Documents/News%20and%20Publications/Brochures/Annual%20Report%20Archive/2019–2020–Annual–Report.pdf>.
- [7] UK. UK Digital Strategy[EB/OL]. [2022–06–13]. <https://www.gov.uk/government/publications/uk-digital-strategy/uk-digital-strategy#enhancing-the-uk-s-place-in-the-world>.
- [8] DIN/DKE. USE CASES FOR SMART STANDARDS[EB/OL]. [2022–05]. <https://www.vde.com/resource/blob/2187448/33ab0714368ab3cbb4ebe8614f2b065a/idis-whitepaper-in-english-neu-data.pdf>.
- [9] 浙江省标准化研究院. 我院顺利召开“标准的未来在何方”机器可读标准研讨会[EB/OL]. [2021–08–02]. <http://www.zis.org.cn/Item/5460.aspx>.
- [10] 中共中央国务院. 国家标准化发展纲要[EB/OL]. [2021–10–10]. http://www.sac.gov.cn/zt/gyzt/zxdt/202110/t20211011_348074.html.
- [11] 国家标准化管理委员会. “十四五”推动高质量发展的国
家标准体系建设规划[EB/OL]. [2021–12–06]. http://www.sac.gov.cn/sxxgk/zewj/202112/t20211222_349879.html.
- [12] 于欣丽. 对我国标准数字化工作的几点思考[J]. 中国标准化, 2022(05): 7–13.
- [13] BSI. BSI looks to the future with new Digital Strategic Advisory Group[EB/OL]. [2022–09–30]. <https://www.bsigroup.com/en–GB/about–bsi/media–centre/press–releases/2021/june/bsilooks–to–the–future–with–new–digital–strategicadvisory–group/>.
- [14] 国家市场监督管理总局标准技术管理司. 市场监管总局(标准委)成立全国标准数字化标准化工作组[EB/OL]. [2022–11–30]. https://www.samr.gov.cn/bzjss/sjdt/gzdt/202211/t20221130_352005.html.
- [15] INERA. ISO adopts NISO STS[EB/OL]. [2020–05–13]. <https://www.inera.com/blog/iso–adopts–niso–sts>.
- [16] BSI. Action Plan to unlock standards for the fourth industrial revolution published[EB/OL]. [2021–07–22]. <https://www.bsigroup.com/en–GB/about–bsi/media–centre/press–releases/2021/july/action–plan–to–unlock–standards–for–the–fourth–industrial–revolution–published>.
- [17] eCl@ss. ECLASS – the only worldwide ISO/IEC-compliant data standard for goods and services. [EB/OL]. [2022–11–27]. <https://www.ecl@ss.eu/en/index.html>.
- [18] 姜冠男, 施琴. 标准组织数字化转型国际趋势研究[J]. 质量与标准化, 2022(03): 38–41.
- [19] 刘曦泽, 王益谊, 杜晓燕, 等. 标准数字化发展现状及趋势研究[J]. 中国工程科学, 2021(06): 147–154.
- [20] 蔡焱. 全新的标准表达方式[J]. 质量与标准化, 2022(01): 5–7.