



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网标准数字化蓝皮书

工业互联网产业联盟（AII）
2025年2月





工业互联网标准数字化蓝皮书 (2025 年)

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟 (AII)

2025 年 2 月

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：alii@caict.ac.cn

前 言

标准是社会经济发展与技术变革的重要驱动力。随着全球数字化进程的不断推进，标准数字化转型已成为必然趋势。我国政府高度重视标准数字化工作，2021 年中共中央、国务院印发《国家标准化发展纲要》提出发展机器可读标准、开源标准，推动标准化工作向数字化、网络化、智能化转型。同年，国家标准委、中央网信办、科技部等 10 部门联合印发的《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》提出深入推进国家标准数字化试点，探索增加机器可读标准、开源标准、数据库标准等新型国家标准供给形式，探索建立支撑国家标准数字化转型的信息系统。

工业互联网标准是固化工业互联网技术的关键抓手，是各国推进工业互联网发展的战略重点。在全球数字化转型趋势推动下，如何利用数字化技术，加快实施工业互联网标准的数字化进程是亟需提前布局和攻关的。在此背景下，工业互联网产业联盟（以下简称“联盟/AII”）组织多家企业联合撰写了《工业互联网标准数字化蓝皮书》。本蓝皮书旨在深入探讨工业互联网标准数字化需求、应用场景、关键技术及发展建议等方面，引导产学研用各界建立工业互联网标准数字化理念，指导工业互联网标准数字化各类应用场景落地，促进工业互联网标准新范式、新生态的构

建。

我国标准数字化研究总体仍在起步阶段，工业互联网领域的标准数字化更处于空白状态。本蓝皮书在编制过程中难免存在错误和不足，恳请各界批评指正。后续我们将根据业界的实践情况和反馈意见，在持续深入研究的基础上适时修订和发布新版蓝皮书。

组织单位：工业互联网产业联盟

编写单位（排名不分先后）：中国信息通信研究院、中讯邮电咨询设计院有限公司、长扬科技（北京）股份有限公司、建筑材料工业信息中心、智昌科技集团股份有限公司、浙江华峰智链工业互联网有限公司、中电科普天科技股份有限公司、中科斯欧(合肥)科技股份有限公司、中国联合网络通信有限公司黑龙江省分公司、西门子（中国）有限公司、江苏未来网络集团有限公司、艾灵网络有限公司、深圳市三旺通信股份有限公司、中华全国供销合作总社济南果品研究所、中国联合网络通信有限公司河北省分公司

编写组成员（排名不分先后）：陈洁、沈彬、王飞、陈礼波、周莹、张亚京、赵华、万佳艺、马筱筠、甘中学、赵伟、苏晓春、张振、梁晖、于万钦、郭军、张笑泳，赵鑫、吴琪、钱锐、俞一帆、耿庆官、邓顺义、范腾凤、赵岩、马寅斐、高彦军、彭赛金

目 录

一、标准数字化内涵	1
(一) 标准数字化是标准发展的内生需求	1
(二) 标准数字化是标准领域颠覆性变革	6
(三) 标准数字化是未来标准竞争的新高地	8
二、工业互联网标准数字化需求分析	13
(一) 工业互联网标准化现状	13
(二) 工业互联网标准化痛点	14
(三) 工业互联网标准数字化需求分析	15
三、工业互联网标准数字化应用场景	18
(一) 平台化设计	18
(二) 智能化制造	19
(三) 网络化协同	21
(四) 个性化定制	22
(五) 服务化延伸	23
(六) 数字化管理	23
四、工业互联网标准数字化支撑体系	26
(一) 总体框架	26
(二) 参考模型	27
(三) 关键技术	28
(四) 服务模式	33
(五) 发展路径	34
五、发展建议及展望	36
(一) 标准数字化总体发展建议	36
(二) 标准数字化对工业互联网产业的影响	37
(三) 工业互联网企业发展标准数字化的建议	39

参考文献.....	41
-----------	----

一、标准数字化内涵

（一）标准数字化是标准发展的内生需求

1、标准化是工业革命的产物，也是推进经济社会发展的驱动力

在第一次工业革命时期，随着机器化大生产蓬勃兴起，人类为确保机器零部件的互换性与通用性，对一致性提出明确要求，正是这一诉求，为近代工业标准化的诞生提供了必要条件与发展契机。电力技术驱动的第二次工业革命推动了工业化在全球的进程，工业标准向产品生产系统、质量、管理等多元化方向延伸，促进了工业生产效率的大幅提升，标准化组织和跨国标准化活动也日渐活跃。第三次工业革命促进了工业的全面信息化发展，这一时期标准呈现白热化的竞争局面，发达国家纷纷采取市场和国家战略双轮驱动的策略抢占标准化高地。

在前三次工业革命中，标准化表现出的是对成熟技术的规范总结，对实践、市场活动的协调统一。而在以工业互联网、大数据、人工智能等数字技术驱动的第四次工业革命中，标准化的作用被进一步前置和提升。标准与技术研发同步，引领产业发展的趋势越发明显。例如 5G 技术从 R15 到 R17 标准版本的分次冻结，推动了 5G 的全面商用和垂直行业落地普及。标准作为新兴技术的基础底座作用也进一步凸显，标准成为经济社会的高质量发展的基石。

2、传统的标准化实施方式无法支撑数字经济的快速发展

在标准化发展演进过程中，全球对于标准的全生命周期管理已经基本达成共识，即开展需求调研、可行性分析、标准立项、标准编制、征求意见、审查、批准、发布和实施等程序，经过多轮协商一致后形成共同使用和重复使用的文件。目前ISO、IEC等国际标准化组织，IEEE、IETF等国际协会，中国国家标准化管理委员会（SAC）、美国国家标准学会（ANSI）乃至行业标准化委员会都遵照这套机制开展标准化活动并取得了显著成效。但随着近年来新一代信息技术的快速发展，数字化成为时代发展的主要特征，数字化转型成为各行各业发展的首要任务，传统的标准化工作机制呈现出发展潜力不足，无法支撑数字化现状需求，主要体现在以下几个方面：

- 标准研制周期长，无法及时固化新技术

新一代信息技术创新节奏日益加快，技术迭代周期不断缩短，市场竞争逐渐演变成新技术的竞争。但目前标准平均研制周期仍维持在36个月左右，导致标准的发布、应用远落后于技术发展和市场化需求。

- 标准全生命周期不闭环，某些环节缺失

长期以来，标准化工作的重心侧重于标准的制定过程。当标准正式发布后，形式上等同于该标准项目的完成。标准发布后是否实施、如何实施、是否达到预期效果等缺乏有效的跟踪机制及科学的评价管理方法，对后续新标准立项也无法提供指导。

- 标准体系静态化，跨行业融合困难

数字时代下跨行业、跨领域、跨技术的融合将打破原产业各门类竖井式的技术体系与技术壁垒，刺激封闭的技术标准体系的开放，形成跨体系间横向协作的发展机制。但现有的标准体系具有很强的行业属性，是相对独立的静态封闭体系，跨体系间的横向协作性较弱。

● 标准的供给能力与社会发展需求不匹配

国家经济由数量型经济增长向质量型经济增长转变过程中，促进标准化发展由数量规模型向质量效益型转变。目前标准供给在数量方面保持线性增长趋势，但在质量方面仍存在很大提升空间，特别是内容质量方面，无法引领、规范产业高质量发展。标准数量与质量不匹配也将进一步影响经济社会高质量发展。

从标准形态上来看，传统的纸质、PDF、HTML 格式的标准文档面向的使用对象是人类。通过人工阅读、分析、理解，标准得以实施。全数字化的场景下，人的主体性将被弱化，通过人来为机器、系统“翻译”标准，会带来知识获取效率低下、协同性弱、集成应用难等风险，不利于新技术新业态的发展。标准的使用对象将会逐渐转变为机器，标准文档的形式应该是面向机器可用的一段代码、接口或者程序，机器或系统能够自动读取、理解和应用标准，这已经成为了标准数字化转型的核心要义。

3、标准数字化转型是必然趋势

标准数字化是标准化工作适应全球数字化发展的必然趋势。标准数字化代表了各行各业数字化转型的能力和效力，也决定

了数字经济发展的动力和潜力，更引领了未来国际发展合作的实力和协力。

目前国内外已经围绕着标准数字化转型在标准内涵、形式、结构等进行了深入研究，出现了机器可读标准、**SMART** 标准、数字标准等多种概念，以满足各行业领域的自身特点和发展需求。

- 机器可读标准（**Machine readable standard**）

标准的内容可直接由机器、软件或自动化解析和使用，以用户/应用特定的、可移植的数字化形式提供的新型标准。机器可读标准不仅仅实现标准的读取，按照相应的数字化程度和能力要求，还可进一步延伸为机器可识别、机器可执行、机器可决策等级别。

- **SMART** 标准（**Standards machine applicable, readable and transferable**）

顾名思义就是机器可用、可读、可迁移的标准。为了便于国际、区域和国家标准组织统一机器可读标准的理解认识，共享研究成果，2019 年 ISO 提出了 **SMART** 标准：一种其内容可以被机器、软件或其他自动化系统使用、读取，并且内容可以面向应用及用户进行数字化定制的标准。并就机器可读标准分级模型与 IEC 达成了共识，明确模型中第三、第四级别的机器可读标准为 **SMART** 标准（见图 1）。



图 1 ISO/IEC 机器可读标准分级模型

● 数字标准（Digital standard）

数字标准是 2021 年 DIN 和 DKE 发布的《Scenarios for Digitizing Standardization and Standards》报告中提出的概念，可等同于 SMART 标准。该报告还对机器可读标准分级模型（图 2）进行扩展，新增了第五级别机器可控内容。



图 2 DIN/DKE 扩展分级模型

● 开源标准（Open standard）

开源标准是标准的一种开放式共享模式，即标准内容是公开的，任何人都可以去查看、修改以及使用。开源标准的使用有利于避免供应商锁定在特定技术，重用他人构建的软件组件，实现软件互操作，服务和系统间的数据共享，降低数字服务或计划的总体成本。

虽然各界对于标准数字化转型后的名称定义尚未统一，但对标准的数字化成效及能力等级基本达成共识，并且各标准组

织都基于现阶段各自的标准能力定位向逐步向下一级别演进。本蓝皮书对于标准数字化的概念倾向于：**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。**标准数字化是标准化活动本身的一种范式变革，并且这种变革将对标准内容、呈现形态、工作方式、组织管理及应用成效等多方面产生影响。

（二） 标准数字化是标准领域颠覆性变革

数字技术的发展推动前沿技术创新、产业升级和服务提升。标准数字化不是简单的将数字技术应用在标准领域，而是标准化工作的一次范式变革。这种变革有两层内涵：

一是标准表现形式的转变，包括承载媒体、语言形态和协作关系三个方面。承载媒体由传统纸质文件向数字形式的转变，这种数字形态可能是一段可执行的代码、一个接口或者一个软件程序。这不仅更利于标准的存储和传播，也激发了标准成为未来数字资产的趋势。语言形态的变化体现在原标准内容由人类可理解的自然语言向结构化、机器可读的机器语言转变。这种转变也触发了标准协作对象关系的颠覆。标准原本规范了人在执行某种活动过程中共同遵守的约定，而未来人的作用将进一步被弱化，甚至被机器与机器间的协作代替。标准将以数字化的形态在虚拟空间中规范数字世界秩序。

二是标准化方法的转变，主要体现在制定流程、治理方式和应用模式这三方面。传统的标准编制流程一般采用会议、函

审等方式对标准草案进行研讨，经协商一致后送审、报批进而发布。随着标准数字化的深入实施，这种相对独立、线性标准制定流程将被开放、协同、敏捷的标准编制流程所替代。目前很多标准化机构都开设了标准在线编制平台，实现标准在线协同编辑、检索、审阅，过程自动流转等数字化服务功能，显著缩短了标准制定周期，提高了标准制定的效率。从治理模式来看，目前缺少对标准发布后应用实施层面监管的抓手，大量标准在正式发布后即提前走到“生命的终点”。标准数字化转型将实现标准全生命周期的数字化、智能化管理，有利于改善标准制定与实施间的鸿沟，建立标准实施数据的可视化监管，推进标准化工作的全流程数据感知、分析决策、协同管理等公众服务，有利于有关部门对标准实施成效进行监管、评定，有利于标准的修订、新标准立项等工作，促进标准的良性循环。在标准应用模式方面，标准以数字工具集、数据接口、数据库等数字化形态向标准使用者提供服务，形成“标准即数据、标准即软件、标准即服务”的新型标准应用模式，提升标准应用的准确性和实时性，进一步释放标准对产业的支撑引领价值。

标准数字化是标准作为面向所有领域的基础规范与制度本身，在适应数字化、网络化、智能化时代发展中自我驱动的变革，是一项复杂的系统工程。在推进过程中，标准化组织、标准起草人、标准用户将面临认知模式转变、技术融合方式、协作模式等多个维度的挑战。挑战与机遇并存，标准数字化不仅关乎各行业数字化转型的能力和效力，也决定了数字经济发展

的动力和潜力，目前全球各国都积极布局标准数字化策略，掀起了新一轮国际标准竞争浪潮。

（三） 标准数字化是未来标准竞争的新高地

标准数字化不仅是对传统的标准化方式的变革，更是标准与数字技术融合的大胆探索。标准数字化已成为国际标准组织和各国现阶段标准化工作重点。

1、标准数字化成为新一轮国际间标准竞争的制高点

● 欧盟

欧洲标准化委员会（CEN）和欧洲电工标准化委员会（CENELEC）于2017年发布了《CEN-CENELEC 数字化转型战略计划》，提出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。2021年发布《CEN-CENELEC 战略2030》，将数字化转型作为关键性的变革驱动因素，并通过“在线标准协作”、“未来标准”、“开源解决方案”项目推动欧盟标准数字化应用实施。

● 美国

美国标准化协会（ANSI）2020年度报告中将SMART标准作为协作制定技术解决方案的新兴前沿技术之一，将无人机系统、人工智能、5G、纳米技术、商业化航天工业等新兴技术领域列入SMART标准战略方向。美国国家标准与技术研究院（NIST）开发了“标准参考数据库”（SRD），为社会提供标准数据服务。美国国家信息标准组织（NISO）发布的ANSI /NISO Standards Tag Suite成为ISO/IEC标准标签集的基础，提供了通用的XML

标记语言用于出版和交换不同标准组织间标准的全文内容和元数据。

● 德国

德国的标准数字化与工业 4.0 发展紧密结合。德国标准化协会（DIN）和德国电工电子与信息技术标准化委员会（DKE）将“机器可执行标准”视作实现工业 4.0 的重要支撑，依托工业 4.0 资产管理壳系统规范，将现有标准和拟制定的新标准共同纳入整体制造参考体系中。通过建立标准化委员会（SCI4.0）、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，利用数字技术推动标准—产业—应用模式链条的实现。DIN 和 DKE 联合发布的《标准和标准化的数字化场景报告》和《SMART 标准应用案例》从应用场景的角度，向标准制定者和使用者直观展示了标准数字化转型。

● 英国

2021 年英国政府发布《第四次工业革命标准：释放标准创新价值的 HMG-NQI 行动计划》，通过发展机器可读标准，改革数字平台，开发数字化标准框架、实践指南和技能培训材料等多种手段，来加速标准数字化进程。英国标准协会（BSI）于 2020 年开发了 BSI Flex 新型标准形式，基于标准协作开发的敏捷流程，可以显著缩短标准制定周期。

2、国际标准化组织积极应对标准数字化转型

● ISO（国际标准化组织）主要相关工作

ISO 曾多次在其战略规划中提及数字化技术的重要性，2021 年《ISO 战略 2030》中更是明确数字技术带来的影响作为

战略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。ISO 也是积极践行标准数字化 SDOs 之一，早在 2018 年 ISO 就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），提出了机器可读标准（SMART）概念，发布了实施路线图。ISO 联合 IEC 在 ISO/IEC JTC1/SC 7 软件与系统工程分委会下，设立了机器可读标准特殊任务组，负责机器可读标准的软件、系统开发工作。同时 ISO 与 IEC 合作建立了基于标准标签集（STS）和基于 XML 编辑工具的在线标准开发平台（OSD），为标准编写者提供数字化在线工作环境。

- IEC（国际电工委员会）主要相关工作

2017 年 IEC 在其发展规划中提到，IEC 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。2022 年 6 月，IEC 发布新的《IEC 战略计划》，提出要实现开发和部署 SMART 标准和合格评定。在工作组设置方面，2018 年成立数字化转型战略小组（IEC/SMB/SG12）推进标准数字化转型战略研究。2021 年成立“SMART 标准化与合格评定”任务组（IEC/ISO SMART CA Group），制定 IEC SMART 的整体路线图，协调该领域相关活动。2022 年成立智能标准特别工作组 SWG14，负责 SMART 标准的市场化集成。在数字化实践上，IEC 已经在测控及自动化、电力等领域开展标准公共数据字典、知识图谱等数字技术应用。

- ITU（国际电信联盟）主要相关工作

相比 ISO、IEC，ITU 标准数字化工作处于起步阶段。在政策层面，《ITU 战略规划 2020-2023》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，但在工作组设置、研究方面未有大举动。

3、我国已启动标准数字化工作

我国标准数字化工作基本与国际同步开展，得到了政府和产业界高度关注。

在政策层面，国家先后出台多项政策支持标准数字化顶层发展纲要（见表 1）。

表 1 标准数字化相关政策汇总

序号	政策名称	发布时间	关联内容
1	《国家标准化发展纲要》	2021 年 10 月	将“标准数字化水平不断提升”作为目标之一。（三十）提升标准化技术支撑水平。发展机器可读标准、开源标准，推动标准化工作向网络化、数字化、智能化转型。
2	《“十四五”推动高质量发展的国家标准体系建设规划》	2021 年 12 月	提出深入推进国家标准数字化试点，探索增加机器可读标准、开源标准、数据库标准等新型国家标准供给形式；探索建立支撑国家标准数字化转型的信息系统。
3	《质量强国建设纲要》	2023 年 2 月	提出构建标准数字化平台，发展新型标准化服务工具和模式。
4	《贯彻实施〈国家标准数字化发展纲要〉行动计划（2024-2025 年）》	2024 年 3 月	七、夯实标准化发展基础。积极推进标准数字化研究，构建标准体系框架，开展标准数字化试点。

在工作组层面，2022 年 11 月全国标准数字化标准化工作组（SAC/SWG29）成立，负责组织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。

在应用层面，我国已经在仪器仪表和航空航天领域启动了

机器可读标准试点，并在制造业、航空航天等部分数字化需求较高的行业中对标准数字化应用进行探索。同时通过构建全国标准信息公共服务平台、国家数字标准馆等系统，全面提升标准的公共服务能力。

二、工业互联网标准数字化需求分析

（一）工业互联网标准化现状

工业互联网是构筑全球数字经济发展的新基座。标准作为固化工业互联网技术的关键路径，已成为各国推进工业互联网发展的战略重点。

国际层面，工业互联网作为新兴的技术领域，持续受到 ISO、IEC、ITU 等三大国际标准化组织和 IEEE、3GPP 等具有全球影响力的区域技术标准化组织的广泛关注，美、日、德等国均加强投入，从国家战略的高度争取工业互联网国际标准话语权。ITU 主要依托 SG13、SG20 研究组，设立工业互联网网络、边缘计算等项目研究计划，稳步推进工业互联网标准体系建设。IEC/TC65 工业过程测量控制和自动化技术委员会主要围绕数字工厂、系统集成、工业网络等维度构建工业互联网支撑标准。ISO/TC184 自动化系统与集成技术委员会主要以工业互联网涉及的设备控制、工业数据、互操作等方面开展研究。IEEE 已经发布及修订时间敏感网络系列标准 16 项。3GPP Rel-18 中也进一步增强 5G-A 在工业互联网场景下低时延高可靠特性。

国内层面，我国政府和产业界高度重视工业互联网标准化工作，已完成标准体系建设目标，为工业互联网规模化发展奠定基础。一是强化顶层设计。工业和信息化部先后发布《工业互联网综合标准化体系建设指南》2019 版和 2021 版，持续构建工业互联网标准体系，保障我国工业互联网跨行业跨领域的合规、有序、协同发展。二是创新组织机制。2019 年成立国家

工业互联网标准协调推进组、总体组和专家咨询组，不断优化标准化工作机制。2022 年成立工业互联网技术工作委员会（CCSA/TC13），全面支撑开展工业互联网标准制修订工作。三是加快标准研制。截至 2024 年底，工业互联网领域已累计发布国际标准 3 项、国家标准 107 项、行业标准 84 项，制定中的标准项目超过 200 余项，涉及工业互联网基础共性、网络、边缘计算、平台、数据、标识、安全、应用等方面。

（二） 工业互联网标准化痛点

近年来，我国工业互联网标准化取得了一定的成绩，但在制定效率、内容质量、实施治理等方面仍存在一定问题。

1) 标准的供给能力与社会发展需求间不匹配

工业互联网标准涉及众多交叉技术领域，有些关键技术更新、迭代速度较快，但标准的制定仍需要遵循立项、起草、征求意见、送审、报批等繁复的流程，一般需要 36 个月左右。工业互联网标准从产生到应用时间周期长，错失了技术固化和推广应用的最佳时间窗口，导致标准的研制与市场发展需求存在鸿沟。

2) 传统标准化工作模式无法支撑高质量发展

工业互联网是交叉密集、渗透性强的领域，不仅需要确保体系内各要素高质量协同，更需要融合实体经济体系下科技、产业、金融、创新之间协同发展、良性互动和整体效能。依据传统标准化工作模式，工业互联网标准仍是一个封闭的体系，在竖井式的技术体系与技术壁垒下，跨行业、跨领域标准横向

协作困难。

3) 标准使用角色变化催生新的标准范式

随着工业互联网的发展与普及，未来接入工业互联网的终端/系统数量将会呈现爆发式增长，海量异构终端/系统间的互联和数据交互，都需要通过标准化的方式加以保障。机器可读使得工业互联网标准的使用对象逐渐从以“人的使用”为中心转向以“机器使用”为中心转变，标准可以软件的形式承载标准所定义的规则与特性并能直接被机器所执行。现阶段，标准仍然在很大程度上由人来执行和检查，大量机器与系统的标准应用由人在做着“翻译”，这种翻译不仅效率低下，还难免存在对标准内容理解和操作上的偏差。

（三） 工业互联网标准数字化需求分析

工业互联网作为新兴技术，其应用形式和技术正在不断变化。工业互联网标准需要考虑其落地性和适用性。在标准制修订的过程中，可结合数字化手段论证标准的可应用性，便于对标准内容的完善和更新。在标准正式发布后，利用数字化手段可以帮助标准内容的应用。结合机器学习、大数据等技术，将标准的具体内容融入实际的工业互联网平台、应用中去，落实标准的内容要求。同时，采用数字化的措施便于收集标准的实际应用情况，为标准内容的修订提供数据支撑。

1、转变工业标准应用与表现方式

工业互联网标准数字化不仅改变了工业标准以文字为主的表现方式，更重要的是它实现了标准从静态到动态、从被动到主动的转变。

传统的工业标准需要人工解读和应用，而数字化标准则可以通过机器自动读取、解析和执行，使得标准的应用更加高效、准确和灵活。

2、全生命周期管理与智能化决策

通过数字化手段，工业互联网标准实现了从制定到修订的全生命周期管理。这不仅提高了标准化工作的效率，还使得标准的修订和更新更加及时和科学。同时，基于大数据和人工智能技术的智能化决策系统可以对标准数据进行深度挖掘和分析，为标准的制定和修订提供有力支持，推动标准化工作向更高水平发展。

3、促进数据互通与业务协同

工业互联网标准数字化打破了不同设备和系统之间的数据壁垒，实现了数据的跨平台、跨领域互通和共享。这不仅提高了生产效率，还促进了不同业务之间的协同和优化。例如，通过数字化标准，生产线上的不同设备可以实现协同作业，提高生产线的整体效率和灵活性。

4、提升系统安全性与可靠性

在工业互联网环境中，系统的安全性和可靠性至关重要。数字化标准通过加密、身份验证等安全机制增强了系统的安全性，防止了数据泄露和非法访问。同时，通过冗余设计和故障

自恢复等机制提高了系统的可靠性，确保了工业生产的连续性和稳定性。

5、推动全球标准化与国际贸易合作

随着越来越多的国家和地区采用相同的数字化标准，国际间的技术壁垒将逐渐减少，从而促进了全球贸易和技术合作。这不仅有利于提升全球制造业的整体水平，还有助于推动全球经济的持续发展。

6、降低运营成本与维护难度

通过数字化标准，企业可以更加高效地管理和维护其工业互联网系统。例如，远程监控和预测性维护等技术可以减少现场干预的次数和时间，从而降低运营成本和维护难度。同时，数字化标准还使得系统的升级和扩展更加便捷和经济，为企业提供了更大的发展空间和竞争力。

7、引领产业创新与转型升级

工业互联网标准数字化作为新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力，正在引领产业的创新和转型升级。通过数字化标准的推广和应用，企业可以加快新产品的研发和上市速度，提升产品质量和服务水平，增强市场竞争力。同时，数字化标准还促进了新业态、新产业和新模式的涌现和发展，为经济的持续增长注入了新的活力。

三、工业互联网标准数字化应用场景

随着人工智能、6G、脑机接口等技术不断成熟，工业互联网将进入融合感知、通信、计算、控制全业务闭环的自治体时代，为制造业带来真正意义上的数字生产力。制造业涉及的生产要素、实体间的生产关系、业务流程及模式、上下游社会组织等都将以数字化的形态存在于数字空间中，并受到相应的数字标准（即实体标准在数字空间的映射）规范和约束，保障在标准化的环境下，标准化对象在虚实空间中的唯一性和价值性，实现物理空间与数字空间的实时连接、双向映射、动态交互等。

（一）平台化设计

在工业互联网典型应用模式中，平台化设计是依托工业互联网平台，汇聚人员、算法、模型、任务等设计资源，实现高水平高效率的轻量化设计、并行设计、敏捷设计和交互设计和基于模型的设计。

在设计环节使用标准的主要目的是保障产品的材料属性、工艺要求、功能性能等方面符合相关标准中的要求，通常一个产品在设计过程中需要同时符合多个标准中条款的要求。传统标准的使用方式为专家阅读大量标准，依据经验选择相关标准中指标录入所有信息至工程设计软件中。这种方式一方面主要依靠专家自身知识体系对标准进行判断，存在误选、漏选标准或者输入错误的风险，另一方面无法及时获取外部标准更新，造成产品参数不符合最新标准要求。

在未来标准数字化愿景中，用户可以把新产品的类型、材料、属性、功能、用途等信息告知标准数字化系统，系统进行分析及特征提取后，自动检索出与该产品相关的标准，匹配指标项与指标值，并以合适的格式交付给用户，如以插件、模型等形式，方便用户集成在工业设计软件中。标准数字化系统还具有辅助决策的能力，当出现违反标准要求的地方，系统能够自动识别和通知设计人员，并智能推送相关建议。标准数字化在平台设计场景中的应用，有利于保证标准数据能够与产品设计数据相结合，并与产品全生命周期数据流相结合，提高设计过程的质量和效率。

参考案例

中国机械总院很早就开始面向产品数字化设计制造需求开展“标准软件化”研究，将标准中的技术指标和要求提炼为格式化数据，形成软件或数据库，为制造业企业提供服务。比如，开发了基于MBD的三维数字化模型标注软件，依据相关国家、行业、企业标准，将相关标准数据进行结构化，标注出符合标准和规范要求的公差、表面粗糙度、焊接符号、几何公差的三维标注信息，并且这些符号通过视图、图层、类别的管理，实现了按视图、按类别进行显示、隐藏；还开发了CAD模型质量检查工具，将国家标准、行业标准、企业标准中的技术内容进行提炼，转化为软件工具，以菜单和工具条形式与CAD无缝集成，自动对CAD设计的产品模型数据进行检测，为产品设计、标准化部门人员提供一套完整的基于CAD的模型质量审查工具，解决手工状态下数字化模型规范化检查过程中工作量大、效率低的问题。

（二） 智能化制造

在工业互联网典型应用模式中，智能化制造是互联网、大数据、人工智能等新一代信息技术在制造业领域加速创新应用，实现材料、设备、产品等生产要素与用户间的在线连接和实时交互，逐步实现机器代替人生产。机器可读标准在智能化制造

场景中的应用，将进一步促进标准化的数据集合与 MES、ERP、PLM 等制造系统实现互操作，形成具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能的新型生产方式。

(1) 产品生产环节：通过网络将可执行的标准数据包发送给生产设备，生产设备读取这些数据后，自动调整参数以适应不同的生产需求，生产线能够实现更高度的自动化和灵活性，提高生产效率。在产线上，基于统一通信协议的各种生产设备和机器可以相互通信，实现设备的互联。标准化的通信协议和数据格式确保了设备之间的无缝集成和协同工作。在产品的生产环节，其主要需求场景在于如何将数字标准应用于工业流水线中实现机器自动加工生产。一方面，将设备、产品、工艺等标准融入智能化系统，机器可根据实际工况选择符合相应标准的运行参数，大大降低人为操作的强度。另一方面，产品生产制造方面的机器可读标准可以成为自动化设备运行监控的基础，如产品的热处理过程通常需要精确控制环境的温度和湿度变化，通过机器可读标准可自动判断机器是否在符合标准的参数下运行，对于不符合标准的热处理过程进行干预，可减少产品的质量问题的。

(2) 产品检验环节：智能化制造中，产品检验需要投入大量的检验人员，反复将检验结果与质量标准进行比对，从而保证产品的质量，因此产品检验是机器可读标准的重要应用场景。将机器可读的产品质量标准作为产品智能检验系统的核心，机器可以自动根据标准比对检验结果，判别产品是否合格，从而大大减轻人员工作量。

参考案例

波音公司是较早应用标准数字化技术的国际制造公司。早在 2007 年，波音公司意识到文档型标准对企业数字化的阻碍，开始在标准数字化方面进行有效探索，并制定了“波音产品标准长期战略规划”。搭建以 PSDD（产品标准即数字标准）为主体的数字化标准平台，开发标准编写、CAD 模型生成、产品标准向导、产品标准综合管理门户等模块，共同构成数字化标准整体解决方案。基于 MBD 标准的全飞机全三维数字化模型实现了设计、工艺、制造和服务全生命周期的贯穿应用。

（三） 网络化协同

网络化协同是通过跨部门、跨层级、跨企业的数据互通和业务互联，推动供应链上的企业和合作伙伴共享客户、订单、设计、生产、经营等各类信息资源，实现网络化的协同设计、协同生产、协同服务，进而促进资源共享、能力交易以及业务优化配置。主要适用于产品结构复杂、设计周期长、制造环节多的大型装备产品生产。该场景下应用标准数字化可以确保产品数据在跨企业、跨平台流转过程中仍能保持数据源的单一和可控。

在产品协同设计环节，协同制造平台内嵌机器可读标准，面向不同开发部门的应用服务可自动生成标准的交互接口，基于统一的设计数据交换格式，确保不同设计软件之间的兼容性，自动生成协同设计过程中的角色和权限管理，以保障设计数据的安全性和完整性。协同设计部门可针对客户的每一个变化，实时地完成在线修改、仿真计算及详细工艺设计等。

协同生产环节的目的在于需要整合不同的生产制造资源，屏蔽终端生产设备、产线的差异性，针对不同生产环境形成标准化的网络化生产阵线，以保障在不同企业、不同地点生产的产

品、零部件等达到统一的质量水准，提高协同产品生产效率和质量。

协同服务指上下游企业共同形成的面向客户端的动态服务机制，对事件敏捷响应，提升客户服务水平。例如供应链上的企业通过统一的数据交换标准共享供应链信息，基于打通的数据链实现端到端的可追溯，提高供应链的透明度。

参考案例

为帮助企业更好地实施供应链管理，国际供应链管理协会于 1996 年开发了一套适用于不同领域的供应链运作参考模型（supply chain operate reference，SCOR 模型），SCOR 模型是第一个标准的供应链流程参考模型，是供应链的诊断工具，涵盖了所有行业。SCOR 使企业间能够准确地交流供应链问题，客观地评测其性能，确定性能改进的目标。2022 年底，协会发布 SCOR 数字化模型标准（SCOR DS），融合了供应链各环节的核心要素，构建了通用的供应链管理框架，将端到端的供应链思维从线性的贸易伙伴导向转变为更加动态化、网络化视角，更加专注于市场驱动、可见性和协作性。

（四） 个性化定制

个性化定制是面向消费者个性化需求，通过客户需求准确获取和分析、敏捷产品开发设计、柔性智能生产、精准交付服务等，实现用户在产品全生命周期中的深度参与。

机器可读标准在个性化定制全流程的作用可分为前端应用与后端应用。前端主要是通过定制门户进行个性化产品需求采集、产品配置以及产品虚拟可视化展示等。个性化需求导入定制系统后，标准数据库自动推送与需求相匹配的产品标准数据并生成标准件的产品数字模型，同时将所需零件、材料以及工艺信息进行关联。待客户确认定制后，将以产品订单的形式发送给后端进行生产。

机器可读标准在后端的应用类似于智能化制造场景，但需要对前端推送的定制订单数据进行拆解和分析，调用相应产线、配置设备参数及工艺流程进行生产，以及按照所需的产品质量标准进行质检。

（五） 服务化延伸

服务化延伸是制造与服务融合发展的新型产业形态，指的是企业从原有制造业务向价值链两端高附加值环节延伸，从以加工组装为主向“制造+服务”转型，从单纯出售产品向出售“产品+服务”转变。

服务化延伸场景扩展了对标准化的需求，不仅需要符合原有的工业互联网标准体系，更需要符合服务行业特定场景下的标准规范。例如产品远程运维还涉及到产品用户个人信息保护、电子金融资金安全等标准。基于跨行业协同检索机制，机器可读标准能实现与其他行业标准知识图谱进行知识融合，动态更新标准知识库，依据新业务的属性特征，智能化推送应遵循的行业领域标准，避免了人工收集标准存在的不实时、不准确、不全面等现象，提高标准融合的效率。

（六） 数字化管理

数字化管理是企业通过打通核心数据链，贯通生产制造全场景、全过程，基于数据的广泛汇聚、集成优化和价值挖掘，优化、创新乃至重塑企业战略决策、产品研发、生产制造、经营管理、市场服务等业务活动，构建数据驱动的高效运营管理

新模式。

从工业互联网数字化管理体系搭建层面来看，标准数字化主要规范了数据采集和交换、数据处理与分析、数字化管理模型搭建、数字化应用、应用质量评价等数字化管理环节。

在数据采集与交换方面，标准数字化平台将主流系统的数据交换方式，如上行交换/下行交换、交换接口、可交换数据字段或内容、数据结构等，形成可查询的数据库，并将 API 接口开放至标准数字化平台，为数字化管理应用系统搭建过程中的系统集成/数据集成提供高效的设计方案和标准的、即插即用的数据接口。

在数据处理和分析标准方面，标准数字化平台将通用典型场景下的数据处理、数据分析流程和方法进行线上知识化，并按照典型场景、典型方法搭建相关的数据处理和分析工具，如典型场景的需求预测数据处理和分析、典型场景的图像数据处理和知识抽取等，企业可在标准数字化平台上快速完成典型场景的底层数据处理和分析，并记录标准的使用情况。

在数字化应用建模方面，标准数字化平台在战略决策、资源配置优化、产业链协同等典型应用场景搭建相应的标准化管理应用模型，包括指标库、算法和数据源（如资源配置优化中针对典型拉式供应链业务场景搭建产销协同模型、企业碳排放计算标准模型等），支持企业根据自身应用需求在线建模，并导入数据完成模型运算和结果输出。

在数字化应用评价方面，标准数字化平台按照标准评估模型搭建线上测评工具，如数据成熟度评价工具、数字化应用有

效性评价工具、数字孪生应用成熟度评价工具，企业可根据自身应用情况实现按照在线标准开展自评工作。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

四、工业互联网标准数字化支撑体系

（一） 总体框架

工业互联网标准数字化建设是一个全面系统的工程，涉及到异构的标准化对象、数字化技术应用、服务模式创新、标准化干系人及配套政策法规等。图 3 给出了工业互联网标准化总体框架。

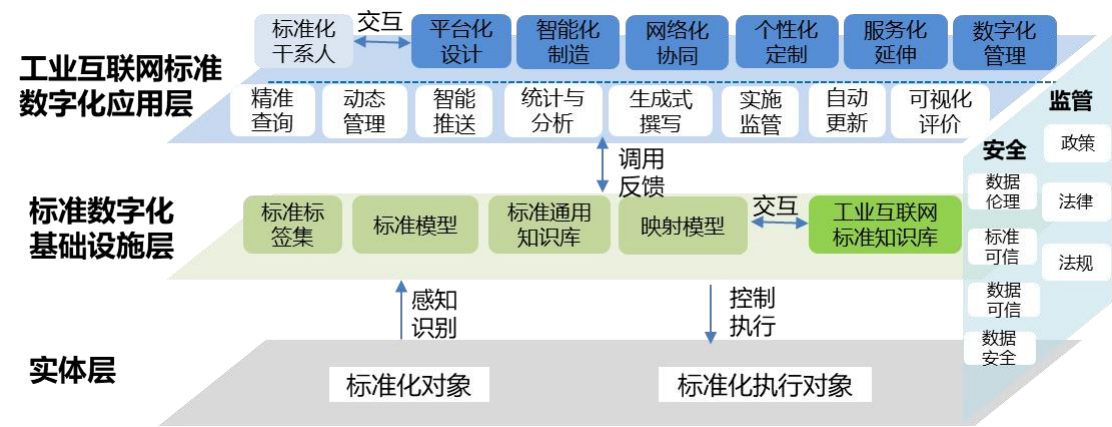


图 3 工业互联网标准数字化总体框架

实体层主要包含标准化对象及执行对象。通过感知识别进行标准化对象及标准应用场景的特征提取，解构归集成语义要素与需求。标准化执行对象指使用机器可读标准的对象，并对应标准内容中指标项、指标值执行相应操作，例如工业相机等质检终端可按照产品的质量对成品进行缺陷实时检测和自动报警。从标准化对象特征识别，到标准化执行对象的指令执行构成了完整的标准数据价值链。

标准数字化基础设施层是进行标准开发、采集、加工、治理及交易的新型公共服务基础设施，工业互联网标准数字化采用该层提供的通用标准标签集、标准模型、通用知识库等，采

用统一的颗粒度提炼标准的最小信息单元，结合工业互联网的专业术语库、图形库、知识图谱等知识库，经关联、映射、重组、生成工业互联网机器可读标准，并提供标准数据包供上层应用调用。

工业互联网标准数字化应用层可提供智能推送、自动撰写、问题回答、自动更新、符合性检查等新型的标准化增值服务，满足不同标准化干系人如标准化管理部门、标准编制机构、产业主管部门、应用企业和个人用户等不同责任主体，在标准化全生命周期不同环节下的标准化需求，支撑于工业互联网典型应用场景的标准化需求。

安全和监管是工业互联网标准数字化建设的保障机制，应确保符合国家法律法规，并建立标准数据安全保护机制，包括数据安全、数据可信、标准可信、数据伦理等方面。

（二） 参考模型

从标准化原理来看，标准是通过标准化活动，按照规定的程序经协商一致制定，为各种活动或其结果提供规则、指南或特性，供共同使用和重复使用的文件。标准化的过程就是人通过协商一致的方式对实体对象或对象间关系的各项属性进行赋值，并形成标准文件的过程。

标准数字化的过程中将实体空间中的标准化对象及标准文本按照规则向数字空间进行映射（见图4）。虚拟对象是标准化对象在数字空间的数字化表示，包含对该对象的特征、属性、状态、参数等描述。标准文件在向数字空间映射过程中进行结

构化、语义化拆解，抽象成指标项、关系值和指标值的关系模型，并与标准对象进行匹配，形成数字化表征，具备双向映射、动态交互和实时连接的能力。

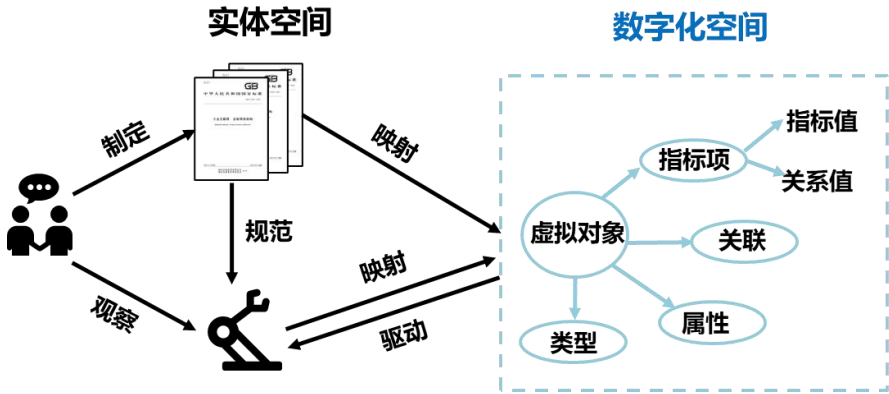


图 4 工业互联网标准数字化机理参考模型

从工业互联网应用场景来看，制造业数字化转型的大背景下，设备、物料、资产都将以数字化的形态存在于数字空间中，这些资产作为我们标准化的对象，在现实世界可以通过标准进行规范，但在数字空间中要让这些标准化对象仍能遵循标准，必须制定在数字空间可实施的数字标准，规范数字世界秩序。

（三） 关键技术

1、标准标签集

标准标签集主要应用 XML 等标记语言对标准结构及其技术内容进行结构化、层次化解析，形成统一的 XML 文件结构、元素集和元素属性描述等。采用统一的标准标签集，是实现各标准组织间标准全文内容和元数据交互的重要基础。

国际上主要采用 ISO 标准标签集（NISO STS），两个根元素标准文件(<standard>)和标准采用文件(<adoption>)的层次结构图如图 5 所示，其中<standard>中可分为几个元素组成部分：

- 前言(<front>), 其中可能包含文档级元数据(<std-doc-meta>)、标准组织元数据(在一个或多个元素中<std-meta>、<iso-meta><reg-meta>或<nat-meta>)以及注释和章节等;
- 正文(<body>), 包含标准文档的文本和图形内容;
- 背景资料(<back>), 例如附件和参考文献等。

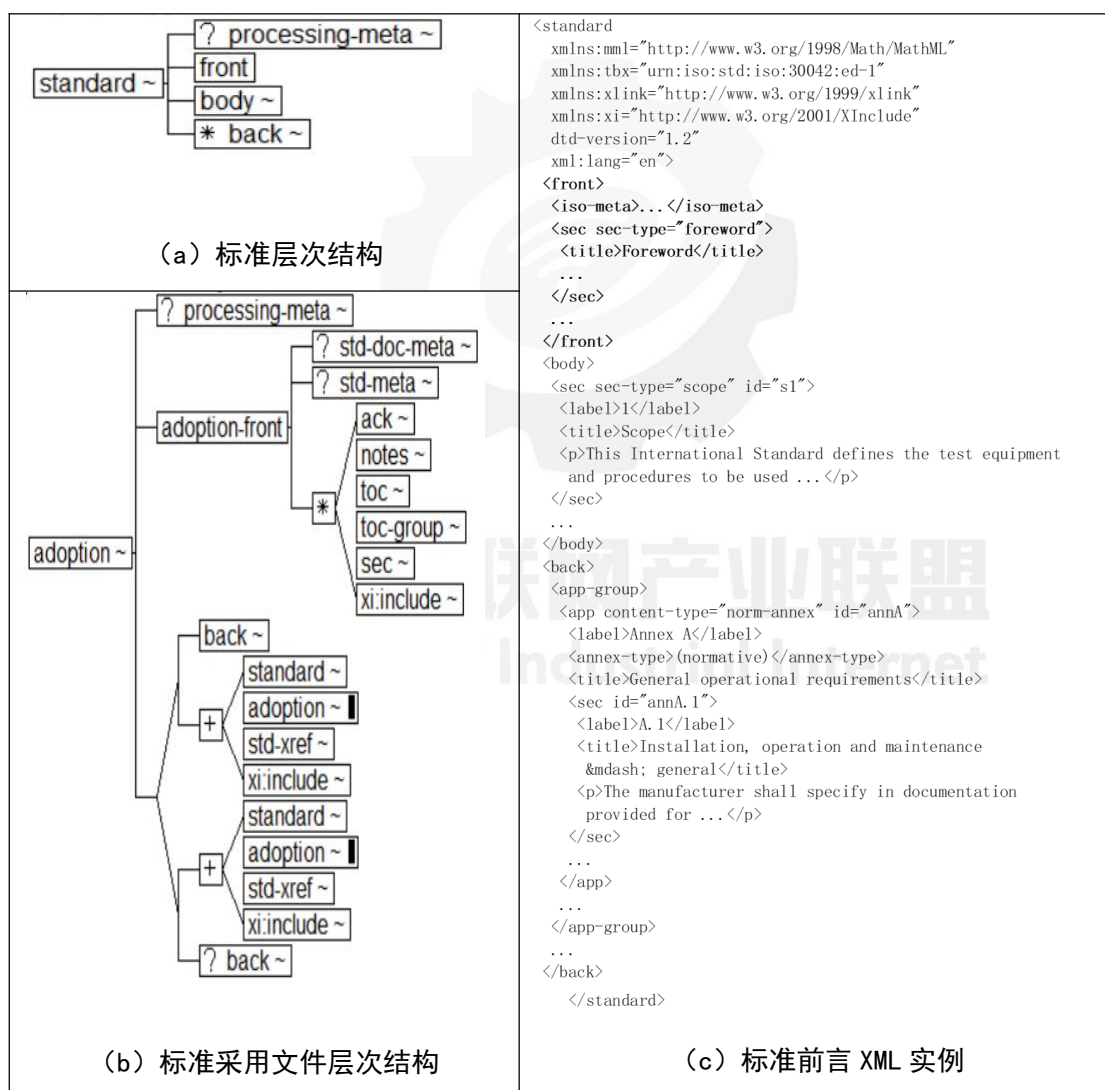


图 5 NIST STS 标准标签集

国家标准 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》对我国标准文本共性结构进行了规范，为我国建立统一的标准标签集提供了参考。工业互联网标

准在制定机器可读标准时应遵守统一的标准标签集进行内容编制。

2、公共数据字典

标准标签集主要针对标准文稿结构化问题，对于标准内容中涉及标准化对象的描述、定义、结构、属性等还需进一步实施统一和规范，以便促进不同企业、行业数据的互通，提高数据的一致性和互操作性。数据字典是描述数据的信息集合，是元数据的集合。工业互联网应依据自身需求自主制定本领域的公共数据字典。工业互联网数据字典应包含工业互联网网络、平台、数据、安全四大体系及六大应用模式所涉及到的所有要素的元数据集合，通过规范相关的数据格式及语义表达，进而实现统一数据字典下的设备、产线、上下游系统间互理解与互操作，提高数字化转型效率。目前工业互联网平台已形成平台数据字典（见图 6）及工业设备数据字典（见图 7）。构建工业互联网数据字典首要任务是形成统一、清晰、无歧义的工业互联网术语标准，并在此基础上进一步扩展成工业互联网数据字典。

索引号	属性名称	字母名称	数据类型	约束条件	读写属性	属性说明
	平台标识	Platform Identity	数值型	必选	只读	用于平台识别的唯一 ID

图 6 工业互联网平台 平台互联互通数据字典元数据示例

索引号	属性名称	字母名称	属性说明	数据类型	数据单位	约束条件	表达格式	标准来源
	设备名称	Device name	设备的中文名称	字符串	-	必选	由描述设备名称的中文组成	-

图 7 工业互联网平台 工业设备数据字典设备名称元数据示例

3、管理壳

管理壳 (Administration Shell) 是工业 4.0 参考架构中的一个核心概念，它充当了物理资产（如机器、设备、部件或产品）与其数字孪生 (Digital Twin) 之间的桥梁。管理壳不仅是一个数字资产模型，而且是一个高度结构化的信息容器，它封装了描述物理资产所需的所有数据、信息和知识。

（1）信息模型

信息模型是管理壳的核心组成部分之一，它定义了物理资产的所有相关属性和特征。这些信息可以包括资产的物理参数（如尺寸、重量、材料）、操作参数（如运行速度、温度范围、功率消耗）、维护历史、生产数据等。信息模型的结构化和标准化使得不同的系统和平台能够以一种统一的方式理解和交换这些信息。

（2）语义模型

语义模型则为信息模型提供了上下文和含义。它定义了信息模型中各个属性和特征之间的关系，以及它们如何相互作用和影响。语义模型还可以包括规则和逻辑，用于解释和处理从物理资产收集的数据，以及指导如何根据这些数据做出决策或采取行动。

（3）数字孪生

通过结合信息模型和语义模型，管理壳实际上创建了一个物理资产的数字孪生。这个数字孪生是一个虚拟的、数字化的表示，它反映了物理资产在现实世界中的状态和行为。数字孪生可以实时更新，以反映物理资产的变化，并且可以用于模拟、预测和优化物理资产的性能。

4、语义互操作模型

语义互操作模型是一个定义异构系统之间和异构设备之间如何进行互操作的通用模型。在异构环境中，不同的系统和设备可能采用不同的数据格式、通讯协议和操作规范。语义互操作模型提供了一个结构化的语义框架，用于描述和理解不同系统和设备功能、属性、关系以及相互间信息交换和操作行为。通过语义互操作模型将标准中的知识和信息数字化，为知识库的创建和实现知识共享奠定基础。

5、知识图谱

知识图谱是一种大规模的语义网络，用图形化的形式描述实体（Entity）、概念（Concept）及其之间的各种语义关系。工业互联网知识图谱是针对工业互联网专业知识体系而构建的图状数据结构。它通过对该行业内的概念、实体、属性、关系以及它们之间的相互作用进行细致的描述和链接，形成了一个全面、深入且互联的知识网络。这个网络不仅反映了工业互联网的核心知识和专业术语，还揭示了它们之间的层次结构、关联关系和演化路径，从而为标准制定、咨询、更新、推送提供了有力的知识支撑。

工业互联网标准是一个跨多学科、多技术领域协同的知识体系。不同学科对相同的客观世界的主观认识会有所不同，这就造成同一标准化对象有不同定义、差异化的属性描述存在。图8例举了若干工业互联网相关知识领域，通过知识图谱的互联互通，可以基于多个行业知识图谱进行知识提取和融合，形成工业互联网标准知识图谱。

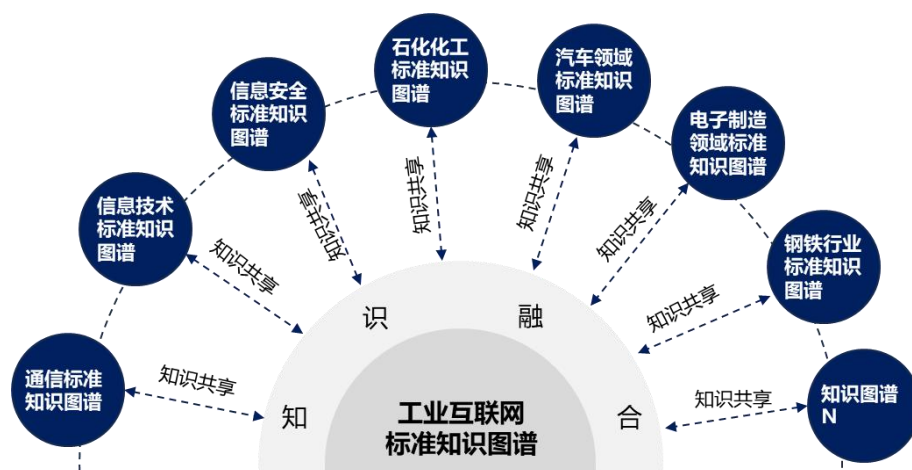


图 8 工业互联网标准知识融合

6、自然语言处理

自然语言处理是指通过计算机技术对自然语言文本进行数字化处理和理解的过程。标准数字化转型采用自然语言处理技术将人类语言“翻译”成机器使用的语言，类似于机器翻译的一种高阶形式。基于预处理后的标准文本数据进行特征提取，形成文本向量进行语义分析，选择适当的模型进行模型训练，最终应用于标准问答系统、标准精准推送、文本自动生成等场景中。

（四）服务模式

标准数字化转型为标准化工作的创新发展提供了机遇。在数字化技术深度赋能的基础上，通过挖掘工业互联网标准数据价值，打通标准研制、应用推广、实施监督的全生命周期数据链条，形成服务于不同责任主体的标准数字化服务模式，构建工业互联网标准数字化服务新生态，深化标准在成果转化、产业基础再造、产业链协同方面的引领作用。

工业互联网标准数字化一方面将遵照 ISO、IEC 对机器可读

标准分级模型进行推进，另一方面将结合工业互联网自身螺旋式发展过程中网络、平台、安全及数据各要素的标准化需求，以标准促进制造业数字化融合为目的，将标准数据无缝集成到产品制造、企业生产及供应链各环节中，实现标准全生命周期数据与工业制造体系生命周期双闭环，赋能制造业高质量发展。

工业互联网标准服务模式上势必会突破传统的单一供给模式，形成基于标准知识关联的标准开发、采集、加工、治理及交易的新型公共服务基础设施，以业务和应用为牵引，满足各级标准化管理部门、标准编制机构、产业主管部门、应用企业和个人用户等不同责任主体不同应用场景下的标准化需求。

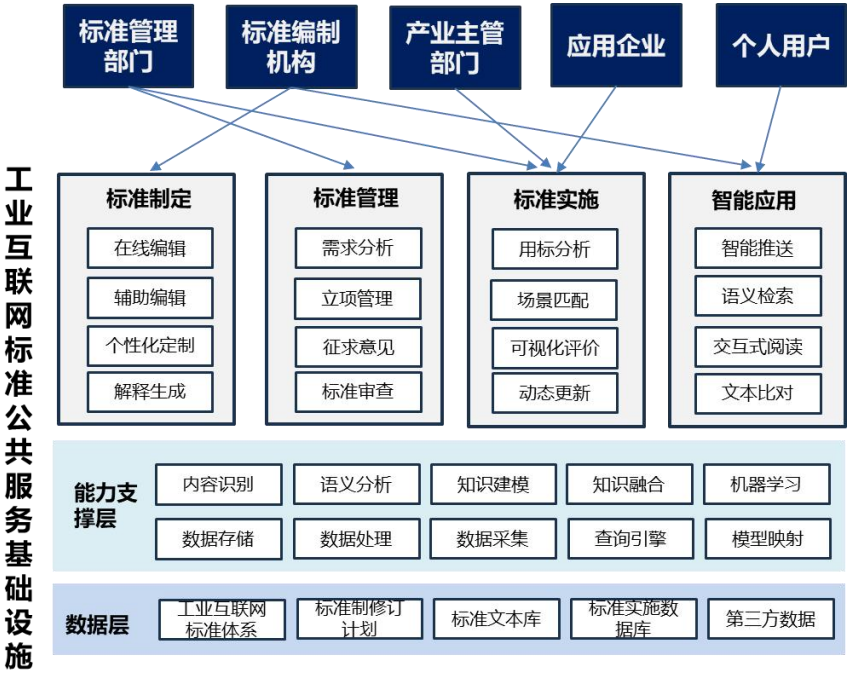


图9 工业互联网标准新型公共服务设施

（五） 发展路径

在进行工业互联网标准数字化转型过程中，需要根据标准本身的属性特征（基础类标准、导则类标准、产品类标准、测

试类标准、管理类标准等),以合理的颗粒度对文本内容进行拆解及精细化标记,利用标准信息模型、公共数据字典、语义模型等技术对数据元进行数字化处理,结合人工智能、大数据分析等技术实现机器智能化分析与决策。对于工业互联网来说,标准数字化其主要需求场景在于如何将工业互联网标准中确定的指标、参数、公式等应用在制造业全生命周期活动中,以期用标准化手段提高产线生产效率、产品质量及产线协作,形成新的生产模式及产业生态。

工业互联网标准数字化转型将沿着结构化、知识化和智能化方向推进,形成获取数据、理解数据到应用数据的三阶段发展模式(见图10)。



图10 工业互联网标准数字化路径

第一阶段主要实施标准的结构化转换,形成机器可读的XML格式文档。对于存量的纸质标准,可采用OCR文字识别技术进行数字化处理,对于增量标准直接制定数字标准,形成工业互联网标准数据元的数字基座,为标准数据价值挖掘奠定基础。

第二阶段主要是实现机器可读(对应机器可读标准Level 3级)。基于语义及应用环境的知识颗粒度,对结构化的标准内容

进行拆解及标记，挖掘标准信息元相互间的关联关系，最终实现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接口进行相关操作。

最后一阶段是全面实现标准的智能交互。利用人工智能、大数据等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，实现工业互联网标准的数字化执行与新标准的自动生成。

五、发展建议及展望

（一） 标准数字化总体发展建议

标准数字化对于产业的影响及意义是巨大而深远的。随着科技的不断发展，数字化已成为现代产业发展的主要驱动力之一。通过前期国际国内标准化组的研究，标准数字化主要在以下几个方面体现对产业的影响和意义。

首先，标准数字化促进了产业的高效运作。通过制定和采用统一的标准，不同企业和组织可以更好地协同工作，实现信息的无缝传递和共享。而标准数字化可以简化和标准化业务流程，降低交流成本，实现跨组织的高效沟通与协同，大大提高整体效率和标准质量，从而使产业更具竞争力。

其次，标准数字化进一步推动了技术创新和发展。标准化使得不同组织能够在共同的平台上进行合作和交流，促进了知识和技术的共享。这为技术创新和发展提供了更广阔的机会。标准数字化可以加速新技术的应用，推动产业的发展和升级，

促进经济的增长。同时，标准的数字化是产业数字化的重要应用领域。

第三，标准数字化更好地促进了国际合作。标准化可以消除国际贸易中的技术壁垒和障碍，提高产品和服务的互通性和互操作性。通过发展标准数字化，不同国家和地区的企业可以更便利地进行合作和交流，同时更高效地协同迭代符合产业发展趋势的技术标准。标准数字化有助于建立全球化的产业网络，促进全球产业链的协调。

最后，标准数字化对于可持续发展 also 具有重要意义。通过制定和采用环境和社会责任方面的标准，产业可以更好地实现资源的节约和环境的保护。标准数字化可以推动绿色技术和可持续经营模式的发展，促进产业的可持续发展，实现经济、社会 and 环境的协调。

（二）标准数字化对工业互联网产业的影响

标准数字化对于工业互联网产业的影响是深远的，并且在未来的发展中将继续发挥重要作用。以下是其影响和未来发展的一些关键点：

1. 促进整体技术融合与互操作性：标准数字化为不同的工业互联网技术提供了共同的框架和规范，使得各种技术可以更好地融合和互操作。这有助于实现设备、系统和平台之间的无缝连接，提高工业互联网的整体效能和效率。

2. 推动产业链的协同与整合：标准数字化促进了产业链内各个环节之间的协同合作。通过统一的标准，不同的企业和组

织可以更好地共享信息、协同工作和开展业务合作。这有助于构建更加紧密和高效的产业链网络，提高资源利用效率，加速产品和服务的交付速度。

3. 加强数据安全与隐私保护：工业互联网产业涉及大量的数据交换和共享，因此数据安全和隐私保护是至关重要的。标准数字化可以帮助制定统一的数据安全标准和隐私保护机制，提供可靠的数据保护措施，保障数据的安全性和隐私性。

4. 促进新业务模式和商业模式的创新：标准数字化为工业互联网产业带来了更多的机会和可能性，推动了新的业务模式和商业模式的创新。例如，基于标准数字化的开放平台模式可以促进各方共同创新和合作，推动产业的快速发展和升级。

关于未来的发展方向，以下几个方面值得关注：

1. 深化行业标准化：随着工业互联网产业的不断发展，行业标准化将变得更加重要。各个行业需要根据自身的特点和需求，制定适用于自身的行业标准，以推动工业互联网的广泛应用和发展。产业数字化标准要求上下游制定统一通用的数据格式，并保证与企业自动化系统的兼容性和集成性，保证让标准数据“流动”起来。

2. 强化边缘计算和人工智能技术：边缘计算和人工智能是工业互联网的重要技术支撑。未来，标准数字化需要更加关注边缘计算和人工智能技术的应用，推动工业互联网的智能化和自动化发展。

3. 加强国际合作和互通互联：工业互联网是全球性的产业，国际合作和互通互联是推动产业发展的关键。标准数字化需要

加强国际间的合作和协调，推动国际标准的制定和采纳，实现全球范围内的工业互联网互通互联。

（三） 工业互联网企业发展标准数字化的建议

以下从几个具体的方面，给出企业开展企业内标准数字化工作的建议供参考：

一是重点发展符合企业业务范围的标准数字化。通过开发可兼容其它信息系统的标准编写模块，以数字格式编写和使用标准，使标准数据与产品、生产、管理数据无缝集成，比如与PLM等系统实现互操作。

二是建设统一标准数据库。企业所用的标准繁多，通过建立统一的标准数据库，方便内、外部标准管理与维护。同时能够对企业批准的产品标准和相关数据进行数字化编制、内容管理和技术状态管理。企业发布新标准或应用新标准时，系统可自动生成可读文件，并将标准中的数字数据推送到其它系统，使其它系统中的标准保持同步更新。

三是开发标准智能应用工具。通过应用人工智能等技术对标准进行智能分析与应用，通过提取其中的技术信息，满足不同部门应用标准的需求。通过开发智能应用工具，可自动解构标准，获取标准中的关键段落和数据，提取实施标准的相关信息，将标准数据针对性的提供给用户或其它系统。智能应用工具可辅助快速提供出用户需要的关键技术信息，同时给出推荐应用的标准以避免用户盲目选用标准，大大提高企业生产效率。

最后，企业在考虑标准数字化发展战略时，需要充分结合

企业自身的发展方向与业务需要，从而充分地利用标准数字化工作对于企业的价值。而利用先进的数字化技术研发适合企业内部应用的智能化平台或工具，是行之有效地方法之一，而充分挖掘行业应用场景需要产业上下游共同努力。

参考文献

- [1] 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
- [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] IEC. IEC Strategic Plan[EB/OL]. [2023-01-05]. <https://www.iec.ch/strategic-plan#operational-plans>
- [5] 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>.
- [6] 崔静, 杨建军. 标准数字化服务探索[J]. 信息技术与标准化, 2022 (10): 6-12
- [7] 刘曦泽, 王益谊, 等. 标准数字化发展现状及趋势研究[J], 中国工程科学, 2021 (6): 147-154
- [8] 汪烁, 卢铁林, 等. 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
- [9] NISO Standards Tag Suite (STS) Supporting Materials. <https://www.niso-sts.org/>
- [10] 工业互联网平台 工业设备数据字典 通用要求. T/CESA 1212-2022,中国电子工业标准化技术协会,2022 年 7 月

- [11] 工业互联网平台 平台互联互通数据字典（征求意见稿）.CESA-2022-1-017
- [12] 马超. 面向机器可读标准的电力标准数字化述评与展望[J/OL]. 中国电力 <https://kns.cnki.net/kcms2/detail/11.3265.TM.20230616.1446.006.html>
- [13] 马超. 电力标准数字化转型发展路径研究[J/OL]. 电力信息与通信技术.<https://kns.cnki.net/kcms2/detail/10.1164.TK.20230714.1048.002.html>
- [14] 陈心怡,张华,等. 数字经济下工业生产标准数字化转型探索研究[J]. 中国标准化, 2023(01): 48-52
- [15] 狄矢聪, 标准数字化转型发展趋势与策略研究[J]. 标准科学, 2023(03): 36-42