

团 体 标 准

T/CAMETA xxx—2024

工业数字孪生概念和术语体系

Industrial Digital Twin
Concept System and Terminology System

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国机电一体化技术应用协会 发布

中国机电一体化技术应用协会

目 次

前 言..... III

引 言..... IV

工业数字孪生概念和术语体系..... 1

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

 3.1 有关数字孪生体的术语..... 1

 3.2 有关数字孪生系统的术语..... 5

 3.3 有关数字孪生及其外部技术的术语..... 8

 3.4 有关数字孪生系统运行环境的术语..... 10

4 工业数字孪生概念体系和重要概念间关系..... 13

 4.1 工业数字孪生概念体系..... 13

 4.2 实体的多维分类..... 14

 4.3 虚拟与数字..... 14

 4.4 数字孪生系统与信息物理系统..... 14

 4.5 数字工程与系统工程..... 14

 4.6 模型分类体系..... 15

附 录 A（规范性附录） 有关实体的术语..... 16

附 录 B（规范性附录） 有关分类框架的术语..... 21

附 录 C（资料性附录） 概念体系构建流程..... 23

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机电一体化技术应用协会数字孪生分会提出。

本文件由中国机电一体化技术应用协会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件版权归中国机电一体化技术应用协会所有。未经事先书面许可，本文件的任何部分不得以任何形式或任何手段进行复制、发行、改编、翻译、汇编或将本文件用于其他任何商业目的等。

本文件首次制定。

引 言

经过十多年的发展，数字孪生技术及其应用近年来正在引发国内外标准化组织、工业界和学术界的极大关注。数字孪生技术可以为跨层级、跨尺度的现实物理世界和数字虚拟世界建立沟通的桥梁，以信息换能量的方式来减少物理世界的不确定性，成为数字工程和数字化转型的关键核心技术，是发展新质生产力、走新型工业化道路的重要抓手，进而与人工智能和万物互联一起，成为新一轮产业革命的通用目的技术。

当一项新兴技术或一个新概念出现时，该领域的概念体系构建和相关术语定义是后续一切工作的基础。但是，作为一项正处于迅速发展新兴技术，目前业界对数字孪生概念的内涵和外延理解不一，相关定义众多，已经在某种程度上影响到该技术的研发、应用和标准化。同时，以大语言模型为代表的通用人工智能技术吹响了新一轮产业革命的号角，高质量的顶级本体和领域本体将成为新一代人工智能技术在工业领域的落地应用的催化剂。

因此，本文件的目的就是利用系统思维和系统分析方法提高术语工作的成熟度等级，构建高质量的工业领域数字孪生概念体系和术语体系，为数字孪生和数字工程的领域本体构建工作打下坚实基础。

工业数字孪生概念和术语体系

1 范围

本文件确定了工业领域数字孪生的基本概念，建立了相应的概念体系和术语体系，进而推演和规定了相关术语定义。

本文件适用于所有工业相关的行业和领域，特别是在新型工业化和数字工程的大背景下，数字孪生相关研究、开发、应用与服务各种场景。

注：本文件对工业的定义参见 3.4.8，本文件对数字孪生的定义参见 3.3.1。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

ISO 704:2022 术语工作 原则和方法（Terminology work - Principles and methods）

ISO 1087:2019 术语工作和术语科学 词汇（Terminology work and terminology science – Vocabulary）

ISO/IEC 5394:2024 信息技术 概念体系准则（Information technology — Criteria for concept systems）

ISO/IEC 21838-1:2021 信息技术 顶级本体（TLO）第 1 部分：需求（Information technology — Top-level ontologies (TLO) — Part 1: Requirements）

ISO/IEC 21838-2:2021 信息技术 顶级本体（TLO）第 2 部分：基本形式本体（BFO）（Information technology — Top-level ontologies (TLO) — Part 2: Basic Formal Ontology (BFO)）

GB/T 10112-2019 术语工作 原则与方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 有关数字孪生体的术语

3.1.1

数字实体 digital entity

由数码化或数字化手段或设备产生的，以比特形式存在的虚拟实体（A.3）。

示例：数字货币、数字签名、数字化仿真、大语言模型、数字孪生体（3.1.3）、工业元宇宙（3.3.11）。

3.1.2

数字模型 digital model

以数字实体（3.1.1）形式存在的实体（A.1）或实体集合的模型（A.7）。

3.1.3

数字孪生体 digital twin entity

孪生实体

实现目标实体（3.1.4）的某个视图（A.26）数字化表征和执行的数字模型（3.1.2）、孪生数据（3.1.19）和同步机制（3.1.8）的集合体，通过同步机制（3.1.8）和与目标实体（3.1.4）的单向或双向通信，实现与目标实体（3.1.4）适当频率和保真度（3.1.18）的状态同步。

注 1：某个数字孪生体的数字模型（3.1.2）是相应目标实体（3.1.4）某个视图的数字化表征。基于该数字模型（3.1.2）的（数字化）仿真就是相应目标实体（3.1.4）某个视图的数字化执行。

注 2：数字孪生体通过同步机制（3.1.8）分析处理来自目标实体（3.1.4）的测量数据，感知、诊断或预测目标实体（3.1.4）的状态，实现和目标实体（3.1.4）的状态同步，并可以产生优化目标实体（3.1.4）行为的控制信息。

注 3：将数字孪生体作为数字资产（3.4.6）进行管理和交易是数字孪生体可能的应用场景之一。

[来源：数字孪生体实验室《数字孪生体技术白皮书（2019）》，ISO 23247-1:2021, 3.2.2, ISO 23247-2:2021, 3.5&3.6, ISO/TS 18101-1:2019, 3.9, 有修改]

3.1.4

目标实体 digital twinning target

数字孪生化对象

物理实体（A.2）、数字实体（3.1.1）、物理虚拟混合实体（A.4）或它们的组合等可以有数字模型（3.1.2）的实体（A.1）。

注：数字孪生体（3.1.3）是目标实体进行数字孪生化（3.1.10）的结果。在数字孪生系统（3.2.2）中，数字孪生体（3.1.3）所对应的实体（A.1）或实体组合是目标实体。

示例：通信网络、智能电网、城市、工厂、机加工工艺、武器装备。

3.1.5

数字孪生类型体 digital twin type entity

对应的目标实体（3.1.4）属于抽象实体（A.6）的数字孪生体（3.1.3）。

注：数字孪生类型体依附于共享相同定义的一系列数字孪生实例体存在，可以用于数字孪生软件平台数字孪生体（3.1.3）的分类管理、资产管理等。

示例：通用件或标准件的数字孪生体（3.1.3），忽略公差和误差、共享相同基线定义的产品数字孪生体（3.1.3），忽略技术状态/构型/配置差异、共享相同基线定义的系统（A.8）的数字孪生体（3.1.3）。

3.1.6

数字孪生实例体 digital twin instance entity

与现有目标实体（3.1.4）单个实例对应的数字孪生体（3.1.3）。

注：数字孪生实例体既可以对应的数字孪生类型体（3.1.5）存在，也可以独立存在。

示例：用于运维监控、故障预测和健康管理的有唯一标识的具体的机器设备、地面交通工具、航空装备的数字孪生体（3.1.3）。

3.1.7

数字孪生聚合体 digital twin aggregate entity

目标实体（3.1.4）所对应的数字孪生实例体（3.1.6）的组合。

注1：数字孪生聚合体可以共享数据（A.17）和信息（A.18），形成目标实体（3.1.4）全面的数字化表征和执行，相互依存的关系增强了每个数字孪生实例体（3.1.6）表征现实的能力，可用于目标实体（3.1.4）的状态预测和机器学习。

注2：数字孪生聚合体的应用场景包括但不限于：同一目标实体（3.1.4）的不同视图的数字孪生体（3.1.3）互操作或模型融合（3.2.9）形成的聚合体，有装配关系的目标实体（3.1.4）的同类视图的数字孪生体（3.1.3）融合（3.2.9）形成的聚合体，属于不同系统（A.8）的目标实体（3.1.4）参与同一过程（A.10）时互操作形成的聚合体（如数控加工过程包含刀具和被加工零件的数字孪生聚合体），属于同一体系（A.22）但处于不同系统层次的目标实体（3.1.4）互操作形成的聚合体。

3.1.8

同步机制 synchronization mechanism

实现数字孪生体（3.1.3）与目标实体（3.1.4）状态同步的算法引擎。

注：同步机制可以分为知识（A.19）驱动算法引擎和数据（A.17）驱动算法引擎。知识（A.19）驱动算法引擎分为基于机理模型（3.1.13）的引擎和基于描述模型（3.1.14）的引擎；数据驱动（A.17）的算法引擎分为基于机器学习模型（3.1.15）的引擎和基于统计模型（3.1.20）的引擎。

3.1.9

同步性 synchronization

数字孪生体（3.1.3）按照适当频率和保真度（3.1.18）实现与目标实体（3.1.4）状态同步的性质。

注：同步性是数字孪生体（3.1.3）的本质特征（GB/T 10112-2019, 5.4.5）和区别特征（GB/T 10112-2019, 5.4.4）。

3.1.10

数字孪生化 digital twinning

为目标实体（3.1.4）建立一个或多个数字孪生体（3.1.3）的过程（A.10）。

3.1.11

建模 modeling

任务驱动的、有目的的对实体（A.1）的简化和抽象。

3.1.12

仿真 simulation

使用或实现模型（A.7）进行实验或试验的方法或过程（A.10），以了解在选定条件下被建模（3.1.11）实体（A.1）的行为，或由开发或运行准则所施加的限制下评估运行被建模（3.1.11）实

体（A.1）的各种策略。

注 1：仿真是通过静态或动态模型（A.7）对一个物理或抽象系统（A.8）的选定行为特征进行近似模仿。

注 2：当仿真作为一类模型（A.7）时，指当提供一组受控输入时，其行为或操作类似于给定系统（A.8）的模型（A.7）。

注 3：仿真通常通过机理模型（3.1.13）实现。

[来源：DAU Glossary, ISO/IEC/IEEE 24765:2017, 3.3749, ISO/TR 4804:2020, 3.56, 有修改]

3.1.13

机理模型 analytical model

分析模型

利用数学公式或方程表达实体（A.1）科学原理的模型（A.7）。

示例：基于傅立叶热传导方程的传热模型、基于欧姆定律和基尔霍夫定律的电路模型、基于 Navier-Stokes 方程的气象模型。

3.1.14

描述模型 descriptive model

利用建模（3.1.11）语言表达实体（A.1）一个或多个方面属性（B.6）的模型（A.7）。

示例：SysML 模块定义图模型、三维 CAD 模型、BIM 模型、IDEFO 功能/活动模型、领域本体模型。

3.1.15

机器学习模型 machine learning model

根据目标实体（3.1.4）或机理模型（3.1.13）输入的大量数据（A.17）生成推理或预测的数学构造。

[来源：ISO/IEC 22989:2022, 3.3.7, 有修改]

3.1.16

模型可信度 model credibility

在特定的使用场景中，模型（A.7）的属性（B.6）被用户认为是真实可信的程度。

注：数字孪生体（3.1.3）的模型可信度包括真实性概念（来源、归因、承诺的真实性）和对该数字孪生体（3.1.3）预测能力的信任。

[来源：ISO/IEC 25012:2008, 5.3.1.4, ASME V&V 40-2018, 有修改]

3.1.17

数据可信度 data credibility

在特定的使用场景中，数据（A.17）的属性（B.6）被用户认为是真实可信的程度。

注：数字孪生体（3.1.3）的数据可信度包括真实性概念（来源、归因、承诺的真实性）和对该数字孪生体（3.1.3）预测能力的信任。

[来源：ISO/IEC 25012:2008, 5.3.1.4, ASME V&V 40-2018, 有修改]

3.1.18

保真度 fidelity

模型（A.7）或仿真（3.1.12）以可测量或可感知的方式再现物理实体（A.2）的状态和行为或对物理实体（A.2）、属性（B.6）、条件或所选标准的感知的程度。

注 1：在数字工程（3.4.2）和数字孪生（3.3.1）领域，保真度指通过其数字模型（3.1.2）在一组明确定义的条件下准确描述对应物理实体（A.2）的相关方面的能力。

注 2：一个数字孪生系统（3.2.2）内，不同的数字孪生体（3.1.3）可以有不同的保真度要求。同一数字孪生体（3.1.3）在不同的生存周期阶段（B.4）或不同的业务场景下可以有不同的保真度要求。

[来源：ISO 16781:2021, 3.1.4, ISO 37173:2023, 3.2, ISO 5476:2023, 3.4, ISO/IEC TR 30172:2023, 3.6, 有修改]

3.1.19

孪生数据 digital twin entity data

在数字孪生体（3.1.3）的生存周期（B.3）内，通过感知测量、建模（3.1.11）仿真（3.1.12）等手段收集和产生的与目标实体（3.1.4）相关的数据（A.17）或数据集合。

注 1：孪生数据可以包括数字孪生体（3.1.3）的实时数据、历史数据、仿真数据、预测数据、分析数据和优化数据等。

注 2：孪生数据是数字孪生体（3.1.3）实现状态感知、故障诊断、性能预测和决策支持等功能的基础。

注 3：孪生数据的准确性和完整性对于数字孪生体（3.1.3）的性能至关重要，需要采用适当的数据（A.17）采集、存储、处理和分析技术来确保孪生数据的质量。

3.1.20

统计模型 statistical model

运用统计学原理和方法描述和预测随机现象或系统的行为的数据（A.17）模型（A.7）。

注 1：统计模型可以基于概率论和数理统计等理论和方法构建，并可以通过拟合、检验和预测等步骤来验证和优化。

注 2：在数字孪生系统（3.2.2）中，统计模型通常用于处理和分析孪生数据（3.1.19），以揭示目标实体（3.1.4）的潜在规律和趋势。

注 3：在数字孪生系统（3.2.2）中，统计模型的选择和应用需要考虑孪生数据（3.1.19）的类型、数量和质量，以及数字孪生体（3.1.3）的应用场景和目标。合理的统计模型能够有效地提高数字孪生体（3.1.3）的预测精度和决策效率。

3.2 有关数字孪生系统的术语

3.2.1

人工物理系统 human-made physical system

工程化系统 **engineered system**

为实现一个或多个既定目的，而组织起来的相互作用的人工物理实体（A.11）或物理虚拟混合实体（A.4）的组合。

注 1：人工物理系统是一类系统（A.8），一个完备的人工物理系统要包含能量源（可在系统外部）、动力子系统、传输子系统、执行子系统、控制子系统和测量子系统，通过作用于系统作用对象（可在系统外部）实现系统目的。

注 2：新出现的人工物理系统经常没有足够能力独立实现主要功能，要依赖超系统或使能系统（ISO/IEC/IEEE 15288:2023, 3.15）提供资源；随着技术的发展，人工物理系统逐渐获得所需资源，自己提供主要功能；人工物理系统朝着不断自我完善、减少人的参与、以提高系统效率的方向进化。

注 3：本文件定义的人工物理系统与系统工程（A.21）领域的新概念——工程化系统（engineered system）的内涵、外延基本相同。INCOSE 系统工程手册（第五版）将工程化系统定义为一种设计或适应于与预期操作环境交互的系统（A.8），以实现一个或多个预期目的，同时遵守适用的约束。工程化系统可以由以下任何或所有元素组成：人员、产品、服务、信息（A.18）、过程（A.10）和/或自然元素。

[来源：INCOSE 系统工程手册（第五版），有修改]

3.2.2

数字孪生系统 **digital twin system**

由若干目标实体（3.1.4）及其若干数字孪生体（3.1.3）构成的人工物理系统（3.2.1）和物理虚拟混合实体（A.4），通过目标实体（3.1.4）与数字孪生体（3.1.3）之间以及可能的数字孪生体（3.1.3）之间的互动，改善目标实体（3.1.4）生存周期（B.3）某个或某些阶段（B.4）内的某项或某些性能指标（B.8），进而为利益相关者提供价值。

注 1：当数字孪生系统包含多个目标实体（3.1.4）时，该数字孪生系统一般由所关注的若干目标实体（3.1.4）、与之对应的若干数字孪生体（3.1.3）、保证数字孪生体（3.1.3）之间通信和互操作的数字线程（3.2.4），以及实现数字孪生体（3.1.3）和目标实体（3.1.4）之间通信的测量子系统、控制子系统、安保子系统，再加上外围的由软件和超系统数字孪生体（3.1.3）等数字实体（3.1.1）与相关社会实体（A.12）形成的用户域组成。超系统数字孪生体（3.1.3）是指其他系统（A.8）或环境中的数字孪生体（3.1.3）。

3.2.3

数字线程 **digital thread**

<软件>可扩展、可配置和组件化的通信框架（B.9），基于该框架可以促进数字空间（A.5）内的各种数据（A.17）-信息（A.18）-知识（A.19）系统（A.8）间权威事实源（3.4.4）的受控互操作和融合（3.2.9），可以构建覆盖所关注实体（A.1）生存周期（B.3）与价值链若干环节的跨时间尺度（B.2）或空间尺度（B.3）数字模型（3.1.2）的集成视图，进而以统一模型驱动所关注系统（A.8）的生存周期（B.3）活动，为决策者和各利益相关方提供支持。

[来源：DAU Glossary, DODI 5000.97, OMG 数字孪生联盟的定义, 有修改]

3.2.4

数字线程 digital thread

<信息>基于数字模型（3.1.2）模板、历史数据（A.17）和跨学科工程数据（A.17）之间的数字化连接，可无缝加速数字实体（3.1.1）的受控相互作用，从而在所关注实体（A.1）的整个生存周期（B.3）内为决策者提供信息（A.18）。

[来源：OMG MBSE Wiki, DEIX Topical Encyclopedia Entries, 有修改]

注 1：数字线程的目标是要在所关注实体（A.1）生存周期（B.3）内实现在正确的时间、正确的地点，把正确的信息（A.18）传递给正确的社会实体（A.12）或数字实体（3.1.1）。

注 2：<软件>数字线程和<信息>数字线程都可以独立于数字孪生系统（3.2.2）存在。不是所有的数字孪生系统（3.2.2）都需要<软件>数字线程或<信息>数字线程支持。

注 3：作为软件的数字线程是实现作为信息的数字线程的理论基础和技术手段。

3.2.5

时间数字线程 temporal digital thread

按时间尺度（B.2）跨越所关注实体（A.1）多个生存期阶段（B.4）的数字线程（3.2.4）。

示例：实现飞机设计、制造、综保阶段（B.4）模型（A.7）数据（A.17）互操作和融合（3.2.9）的数字线程（3.2.4）。

3.2.6

空间数字线程 spatial digital thread

按空间尺度（B.5）跨越所关注实体（A.1）多个空间尺度（B.5）的数字线程（3.2.4）。

示例：实现智能家居、智能建筑、智慧社区模型（A.7）数据（A.17）互操作和融合（3.2.9）的数字线程（3.2.4）。

3.2.7

领域数字线程 domain digital thread

按系统（A.8）目的跨越所关注实体（A.1）多个行业或学科的数字线程（3.2.4）。

示例：实现地理信息、建筑信息、城市信息三类模型（A.7）数据（A.17）互操作和融合（3.2.9）的数字线程（3.2.4）。

3.2.8

互操作性 interoperability

互用性

两个或多个实体（A.1）可以交换信息（A.18）并使用已交换的信息（A.18）的程度。

3.2.9

融合 consolidation

基于标准将来自于同构或异构系统（A.8）的模型（A.7）数据（A.17），合并形成统一的、有语义、可操作的模型（A.7）信息（A.18）。

3.2.10

基于模型的系统工程 Model-Based Systems Engineering, MBSE

形式化的建模应用，以在所关注系统（A.8）的生存周期（B.3）内支持系统工程（A.21）。

[来源：ISO/IEC/IEEE 24641:2023, 3.1.16, 有修改]

注 1：MBSE 为应对基于文档的传统系统工程（A.21）工作模式在复杂产品和系统（A.8）研发时面临的挑战，以逻辑连贯一致的多视图（A.26）系统（A.8）架构描述（A.25）为桥梁，实现系统（A.8）跨领域模型（A.7）的可追踪、可验证和整个生存周期（B.3）内的动态关联，进而驱动贯穿于系统（A.8）生存周期（B.3）内的、从体系（A.22）到系统（A.8）组件各个层级内的系统工程（A.21）过程（A.10）、活动和任务。

注 2：基于模型的系统工程是构建数字孪生体（3.1.3）、数字孪生系统（3.2.2）和数字线程（3.2.4）的使能技术。

3.2.11

系统可信性 trustworthiness

可信性

以可验证的方式满足利益相关者期望的能力。

注：系统可信性可以应用于组织（A.13）、服务、产品、技术、数据（A.17）、信息（A.18）或过程（A.10）；可以包括可问责性、准确性、真实性、可用性、可控性、完整性（包括系统完整性和数据完整性）、隐私、质量（包括系统质量和数据质量）、可靠性（包括系统可靠性和网络安全可靠性）、弹性（包括系统弹性和治理弹性）、鲁棒性、（信息）安全性（或称安保性）、（功能）安全性、透明度（包括系统透明度和信息透明度）和可用性等特征；根据具体应用对象来确定适用的具体特征；可验证性包括可测量性和通过客观证据的可证明性。

[来源：ISO/IEC TS 5723:2022, 3.1.1, 有修改]

3.2.12

数字孪生体系 digital twin system of systems

目标实体（3.1.4）至少包含一个体系（A.22）的数字孪生系统（3.2.2）。

3.3 有关数字孪生及其外部技术的术语

3.3.1

数字孪生 digital twin

由数字孪生体（3.1.3）或数字孪生系统（3.2.2）引发的技术体系、专业领域或产业生态。

示例：ISO/IEC JTC 1/SC 41 分技术委员会名称中的 digital twin，ISO/IEC TR 30172:2023 和 ISO/IEC 30173:2023 文件名称中的 digital twin，GB/T 43441 系列标准名称中的数字孪生。

3.3.2

（广义）信息物理系统 cyber physical system, CPS

具有相互交互的数字（3.1.1）、模拟、网络、物理（A.2）和人类组件的系统（A.8），通过集成物理和逻辑进行工程化以发挥作用。

注：（广义）信息物理系统既是一种物理虚拟混合实体（A.4），也是一种人工物理系统（或称

工程化系统，3.2.1)。

[来源：IWA 39:2022, 3.1 和美国数字孪生联盟，有修改]

3.3.3

(狭义) 信息物理系统 cyber physical system, CPS

其运行由计算和通信核心来监控、协调、控制和集成的物理和工程化系统 (A.8)。

注：(狭义) 信息物理系统是一种 (广义) 信息物理系统 (3.5.1)。

[来源：ISO 23704-1:2022, 3.1.8, 有修改]

3.3.4

资产管理壳 asset administration shell, AAS

某一资产 (A.15) 的标准化的数字化表征。

注：资产管理壳是管理制造系统的应用程序之间互操作性 (3.2.8) 的基石，标识管理壳及其代表的资产 (A.15)，保存各方面的数字模型 (3.1.2) 并描述管理壳或相应资产 (A.15) 公开的技术功能。

[来源：IEC 63278-1:2023, 3.1.2, 有修改]

3.3.5

物联网 internet of things, IoT

通过感知设备，按照约定协议，连接物 (A.2)、人、系统 (A.8) 和信息 (A.18) 资源，实现对物理世界和数字空间 (A.5) 的信息 (A.18) 进行处理并做出响应的数字通信网络和基础设施。

[来源：ISO/IEC 20924:2021, 3.2.4, GB/T 33745-2017, 2.1.1, 有修改]

3.3.6

人机交互 human-machine interaction

人与物理虚拟混合实体 (A.4) 之间的跨学科交互，考虑人机界面，旨在开发满足用户心理、认知和手动能力要求的用户界面。

[来源：ISO/TR 4804:2020, 3.25, 有修改]

3.3.7

增强现实 augmented reality, AR

现实世界环境的人机交互 (3.3.6) 体验，其中物理实体 (A.2) 通过计算机生成的感知信息 (A.18) 得到增强。

[来源：ISO 18038:2020, 3.2, 有修改]

3.3.8

混合现实 mixed reality, MR

人机交互 (3.3.6) 显示连续体，其中实像和虚像以某种方式和比例组合在一起。

[来源：ISO/IEC TR 23843:2020, 3.4, 有修改]

3.3.9

虚拟现实 virtual reality, VR

由计算机和专用电子设备创建的一组人工条件，用于模拟视觉图像以及允许用户与之交互的用户周围环境的可能其他感官信息 (A.18)。

[来源：ISO 9241-394:2020, 3.8]

3.3.10

元宇宙 metaverse

人以数字身份参与和生活的拥有各种可能性的数字空间（A.5）。

注：“元宇宙”一词是英文 Metaverse 的直译，未能准确传达这个概念的原义。Metaverse 不是关于宇宙的宇宙，而是超越现实的虚拟世界。

[来源：零碳元宇宙智库的定义，有修改]

3.3.11

工业元宇宙 industrial metaverse

将物理数字交互和工业应用的人类增强相结合，通过人们可以控制、通信和交互的物理工业环境、系统（A.8）、资产（A.15）和空间的数字表示，创建沉浸式三维虚拟或虚拟/物理工业环境。

[来源：诺基亚和德勤的定义，有修改]

3.3.12

云计算 cloud computing

通过自助服务配置和按需管理，使网络能够访问可扩展且有弹性的可共享物理或虚拟资源池的分布式计算。

注：资源可以是服务器、操作系统、网络、软件、应用程序和存储设备。

[来源：ISO/IEC 22123-1:2023, 3.1.1, 有修改]

3.3.13

边缘计算 edge computing

处理和存储发生在边缘或边缘附近的分布式计算，其中接近度由系统需求（B.7）定义。

[来源：ISO/IEC TR 23188:2020, 3.1.3]

3.4 有关数字孪生系统运行环境的术语

3.4.1

数字孪生软件平台 digital twin software platform

支持数字孪生体（3.1.3）、数字孪生系统（3.2.2）或其他数字孪生软件的开发、部署、运行和管理的专用或通用软件工具、平台、环境或云（3.3.12）服务。

注：定义中的通用软件指除了数字孪生（3.3.1）之外，还可以应用其他领域的软件，如 MBSE（3.2.10）、CAD、CAE、可视化、物联网（3.3.5）工具或平台；定义中的专用软件指只能用于数字孪生（3.3.1）领域的软件，如同步机制（3.1.8）或实现同步机制（3.1.8）的软件工具或平台。

3.4.2

数字工程 digital engineering

以系统（A.8）数据（A.17）和模型（A.7）的权威事实源（3.4.4）作为跨学科连续体，支持从概念到处置的生存周期（B.3）活动的集成化数字方法。

注：虽然数字工程被定义为一种方法，但与系统工程的学科发展类似，它将成为支撑企业和社会数字化转型（3.4.9）的一门新学科。

[来源: DAU Glossary, 有修改]

3.4.3

数字工程生态系统 digital engineering ecosystem

互连的数字工程（3.4.2）基础设施、环境和方法论（过程（A.10）、方法和工具），用于存储、访问、分析和可视化演化中的系统（A.8）的数据（A.17）和模型（A.7），以满足利益相关方的需求（B.7）。

注：生态系统（ISO/IEC TS 27570:2021、ISO/IEC 27400:2022、ISO/IEC TS 30105-9:2023）是指基于组织（A.13）和利益相关方网络形成的基础设施和服务。

[来源: DAU Glossary, 有修改]

3.4.4

权威事实源 authoritative source of truth, ASOT

所关注系统（A.8）整个生存周期（B.3）中所有模型（A.7）和数据（A.17）的可信参考点。

注 1：权威事实源通过捕获技术基线的当前状态和历史知识（A.19）并连接模型（A.7）和数据（A.17）的各种技术状态受控版本，为所关注系统（A.8）的演化过程（A.10）提供可追溯性。

注 2：公认可信的社会实体（A.12）（如个人或管理机构）或智能化的人工物理系统（3.2.1）可以应用专家判断和规则来宣布所关注系统（A.8）的模型（A.7）或数据（A.17）等数字工作产品有效并来自权威事实源。

注 3：权威事实源和<软件>数字线程（3.2.3）的目的是一致的，都是要实现所关注系统（A.8）生存周期（B.3）内，在正确的时间、正确的地点，把正确的信息（A.18）传递给正确的社会实体（A.12）或数字实体（3.1.1）。其中，<软件>数字线程（3.2.3）为这一目的提供框架，权威事实源为这一目的提供内容，<信息>数字线程（3.2.4）是实现这一目的的结果展现。

[来源: DAU Glossary、DODI 5000.97、MIL-HDBK-539-2022、OMG MBSE Wiki, 有修改]

3.4.5

数据空间 data space

针对特定应用领域，基于共同商定的原则和协议而构建的去中心化的数据（A.17）生态系统（A.8），促进参与者之间有效且可信地共享和交换数据（A.17）。

注 1：数据空间不依赖于公共数据库模式和物理数据集成，而是在语义级别上基于按需的分布式数据存储和集成来创建一个单一的数据市场，通过标准化的技术框架和严格的治理体系，遵守互操作性（3.2.8）、数据主权、安全、隐私、透明度和公平访问原则，促进数据在企业、公共部门和个人等不同主体之间跨行业、跨部门的有序流通和应用。

注 2：作为一种数字资产（3.4.6），数字孪生体（3.1.3）可进入数据空间进行资产评估、确权、中介和交易。

[来源: 《Design principles for data space》和《FIWARE for data spaces》，有修改]

3.4.6

数字资产 digital asset

以数字实体（3.1.1）形式存在的认知资产（A.16）。

注 1：数字资产也包括其他各种资产（A.15）的数字化表征。

注 2：作为一种数字资产，数字孪生体（3.1.3）经过资产（A.15）确权后，其中的孪生数据（3.1.19）可以参考 GB/T 40685-2021 进行资产（A.15）管理。

3.4.7

数字空间 digital space, cyberspace

(a) 互联网上相互作用、相互影响的社会实体（A.12）和数字实体（3.1.1），通过与之相连的网络和物理基础设施共同形成的复杂物理虚拟混合实体（A.4）。

[来源：ISO/IEC 27102:2019, 3.6ISO/IEC 27032:2012, 4.21, 有修改]

(b) 信息环境中的一个全球域，由相互依赖的信息技术基础架构网络和常驻数据组成，包括互联网、电信网络、计算机系统以及嵌入式处理器和控制器；利用电子和电磁频谱，经由网络化系统和相关物理基础设施进行数据存储、处理和交换。

[来源：DAU Glossary, Cyberspace 行动国家军事战略》，美空军 Cyberspace 战略司令部战略愿景，有修改]

注：定义(b)面向军事领域。数字空间在现实物理世界没有对应的物理形式。

3.4.8

工业 industry

利用机器或设备进行物质或能量的大规模生产或传输的行业集合。

注：本文件中的工业既包括流程制造、离散制造和建筑业，也包括能源和交通运输等基础设施的生产和供应行业，还包括第一产业（如农、林、牧、渔）的工业化，范围大于工业和信息化部所辖工业门类，也大于 GB/T 4754-2017《国民经济行业分类》中第二产业所辖行业门类。

3.4.9

数字化转型 digital transformation

通过采用和实施数字技术，全面改造或创建新的业务流程、文化和客户体验，以满足不断变化的市场和业务需求。

注 1：数字工程（3.4.2）是支撑企业（A.28）和社会数字化转型的工程（A.20）学科和技术体系。

注 2：数字化转型不仅仅是技术的应用，而是对组织（A.13）运营方式的根本性重构，旨在通过持续部署技术来创造价值，提高客户体验，并降低成本。

注 3：推进数字化转型通常坚持以价值效益为导向、以新型能力为主线、以数据要素（3.4.10）为驱动、以业务变革为核心。

注 4：数字化转型的标准化应遵循以下七个关键原则，以确保技术的有效应用和治理：可信性（3.2.11）、包容性、可持续性、互操作性（3.2.8）、安全和安保、数据隐私和国际合作。

[来源: ISO/IEC TS 30105-9:2023, 3.4、GB/T 23011—2022, 3.3 和联合国工业发展组织报告《标准与数字化转型: 数字时代的良好治理》, 有修改]

3.4.10

数据要素 data as a production factor

数字经济下的新型生产资源和要素，在特定生产需求下，通过汇聚、整理、加工等步骤形成的计算机数据及其衍生形态，参与社会生产经营活动中，为所有者或使用者带来经济效益。

注：作为数字（3.1.1）形态的数据（A.17），数据要素是一种认知资产（A.16）和数字资产（3.4.6）。

[来源:《“数据要素×”三年行动计划(2024—2026年)》,有修改]

4 工业数字孪生概念体系和重要概念间关系

4.1 工业数字孪生概念体系

根据术语工作标准的建议，工业数字孪生概念体系（图 1）以属种关系（GB/T 10112-2019, 5.5.2.2，通用概念和特定概念之间的概念关系，其中特定概念的内涵包括通用概念的内涵加上至少一个附加的区别特征）为骨架构建，图中标有“1”的属种关系代表排他性约束（某一属概念下的所有种概念之间是互斥关系），即满足概念分类的不重不漏原则（子集之间的交集为空，各子集的并集为该概念的全集）。

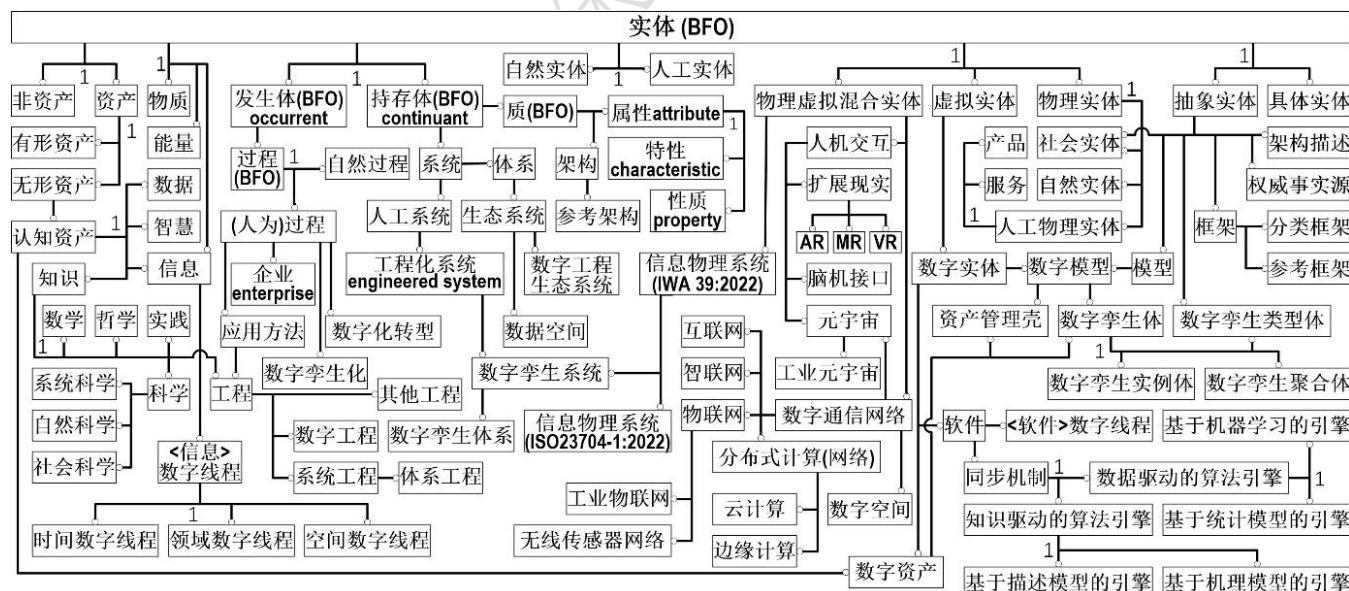


图 1 工业数字孪生概念体系

注 1: 为避免歧义和混淆, 图 1 中部分概念给出了英文术语和/或标准出处。

注2：图1中，过程（A.9和A.10）、数字线程（3.2.3和3.2.4）、信息物理系统（3.3.2和3.3.3）为多义概念，各有两个定义。其中，过程（A.9和A.10）和信息物理系统（3.3.2和3.3.3）的两对多

义概念之间的关系都是属种关系，附录 A 定义的体系（A.22）也是这种情况。

注 3：本文件定义的各种质量特性，包括同步性（3.1.9）、模型可信度（3.1.16）、数据可信度（3.1.17）、保真度（3.1.18）、互操作性（3.2.8）、系统可信性（3.2.11），都是图 1 中特性（characteristic）的种概念。

注 4：图 1 中，信息、工程、社会实体、元宇宙、数字模型、数字孪生系统、资产管理壳、数字孪生体和数字孪生类型体有两个属概念，显示了多重继承关系。

4.2 实体的多维分类

如图 1 所示，实体根据其不同属性有多种分类方式或维度，如物理实体、虚拟实体、物理虚拟混合实体、抽象实体、具体实体，物质、能量、信息，持存体、发生体，人工实体、自然实体，资产、非资产，生物（有生命实体）、非生物（无生命实体），主体、客体，等等。因此，本文件的工业数字孪生概念体系扩展了基本形式本体（BFO，ISO/IEC 21838-2:2021）对实体的单维分类。

4.3 虚拟与数字

虚拟不等于数字。数字实体是虚拟实体的下位概念和子集，虚拟实体可分为数字（虚拟）实体和非数字虚拟实体。

数字实体通常存在于信息技术（IT）系统中，它可以以多种形式存在，在 IT 系统中可以被表示、处理和存储。例如，计算元素或数据元素；云服务、数据中心的服务、网络元素或物联网网关等。非数字虚拟实体通常存在于人脑中，例如，梦境、幻觉、虚拟现实。经人脑产生后，付诸实际行动而存在于现实物理世界的实体，如组织、国家等不属于虚拟实体。

数字化不等于数码化。数码化（digitization）指将非数字载体的模拟形式信息或物理实体转换为数字形式信息或数字实体，例如传统图片、声音和影像的比特化。数字化（digitalization）指通过软件工具和平台等信息技术实现业务流程、操作或服务由手工形式向数字形式的转化。数码化是数字化基础。

4.4 数字孪生系统与信息物理系统

信息物理系统有狭义和广义之分。狭义的信息物理系统和数字孪生系统都是一种广义的信息物理系统。数字孪生系统中数字孪生体不能直接控制目标实体，最多只能向目标实体发送反馈信息。狭义的信息物理系统中数字实体形式的控制子系统可以直接控制执行子系统。

4.5 数字工程与系统工程

与系统工程一样，数字工程不但是一种方法，也是一门学科，是实现从国防军工、到工业领域、再到社会生活的方方面面的数字化转型的工程技术学科。参照钱学森的二维学科分类体系，数字工程在三维学科分类体系（新增第三维——数字信息维）中的位置如图 2 所示。基于模型的系统工程是系统工程和数字工程两种方法、两门学科的交集，也只是数字工程的子集。

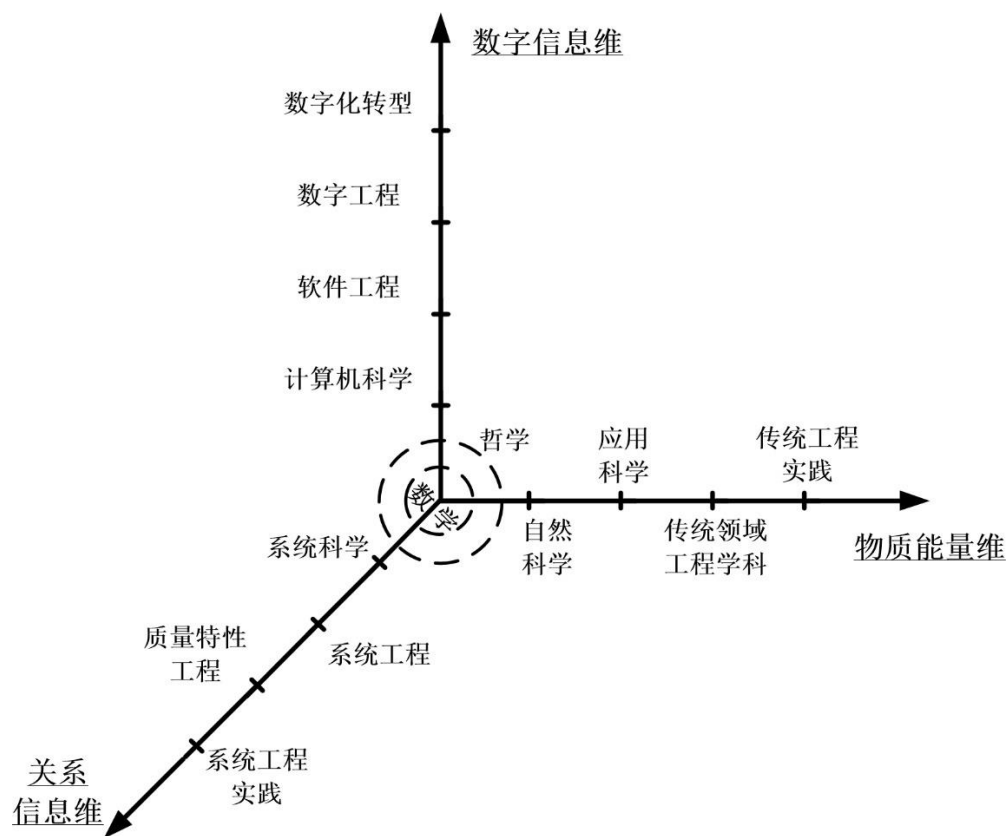


图 2 数字工程在学科分类体系中的位置

数字工程作为一种集成化的方法体系和技术体系，其核心技术是基于模型的系统工程、数字孪生和数字线程。

4.6 模型分类体系

模型是对研究对象的简化和抽象。参照实体的多维分类，模型的多维分类体系如图 3 所示。

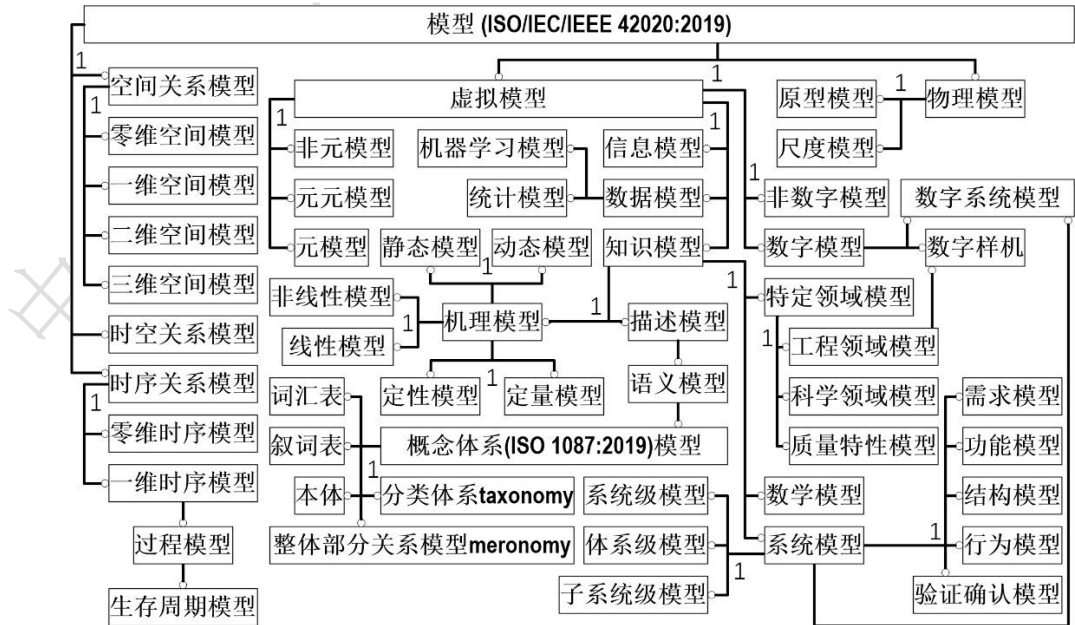


图 3 模型的多维分类体系

附 录 A
(规范性附录)
有关实体的术语

A. 1 实体 **entity**

感知、已知、推断或想象的，具有其可区分存在的事物。

[来源： WordNet， GB/T 19000-2016, 3.6.1， ISO/IEC 20924:2024, 3.1.17， 有修改]

示例：对象、事件、架构（A.24）、架构描述（A.25）、夸克、反物质、暗能量、弦理论、神话。

A. 2 物理实体 **physical entity**

物

存在于现实物理世界中可识别、可观察的实体（A.1）。

[来源： ISO/IEC 20924:2024, 3.1.25ISO/IEC 23093-1:2022, 3.2.14， 有修改]

示例：传感器、宇宙微波背景辐射、地球磁场、飞机起飞。

A. 3 虚拟实体 **virtual entity**

由人脑、数码化或数字化手段或设备产生的，不存在于现实物理世界的实体（A.1）。

示例：在线支付、软件、数字孪生体（3.1.3）、梦境、幻觉、虚构小说、科幻作品。

A. 4 物理虚拟混合实体 **physical-virtual hybrid entity**

由若干物理实体（A.2）和若干虚拟实体（A.3）组合而成的系统（A.8）。

示例：处于运行状态未联网的计算机、物联网（3.3.5）、传感器网络、云计算（GB/T 32400-2015, 3.2.5）、虚拟现实系统、数字孪生系统（3.2.2）、信息物理系统（3.3.2， 3.3.3）、机器人、脑机接口系统。

A. 5 具体实体 **concrete entity**

未经抽象（提取共有特征）的实体（A.1）

A. 6 抽象实体 **abstract entity**

通过从特定实体（A.1）中提取共有特征而形成的一般实体（A.1）。

[来源： WordNet， 有修改]

示例：模型（A.7）、理论、艺术作品、社会实体（A.12）。

A. 7 模型 **model**

实体（A.1）或实体集合的抽象表征，能够在感兴趣的条件或情况下描绘、理解或预测该实体（A.1）或实体集合的属性（B.6）。

注 1：模型可以使用基于数学、科学原理和概念的形式化抽象。模型可以由已建立的元模型产生。元模型通常用于开发准确、完整、一致和可理解的模型。

注 2：模型可用于构造或表达实体（A.1）架构（A.24）的各种视图（A.26）。模型可分为描述模型（3.1.14）和分析模型（3.1.13）。视具体情况，模型可以是架构模型、架构实体模型、概念模

型或参考模型。

注 3：参考模型可用于捕获一般案例，该案例用作为特定情况创建特殊案例模型的基础。参考模型可以用于鼓励和强制执行架构（A.24）和架构元素的统一性。

[来源：ISO/IEC/IEEE 42020:2019, 3.13]

A. 8 系统 **system**

组成部分或元素的排列，共同表现出单个成分所不具有的既定行为或含义。

[来源：ISO/IEC/IEEE 15288:2023, 3.46, 有修改]

A. 9 过程 **process (BFO)**

在时间中展开的实体，具有一些时间上的适当部分，且对于某个时间，有一些物质、能量和/或信息作为参与者。

[来源：ISO/IEC 21838-2:2021, 有修改]

示例：日食、地震、细胞分裂、做梦。

A. 10 （人为）过程 **process**

将输入转化为输出的一组相互关联或相互作用的活动。

[来源：ISO/IEC/IEEE 15288:2023, 3.27]

示例：增材制造工艺、计算机程序运行、数字化转型。

A. 11 人工物理实体 **human-made physical entity**

由社会实体（A.12）出于一定目的改造自然实体后产生的物理实体（A.2）。

[来源：ISO/IEC/IEEE 15288:2015, 4.1.46, GB/T 22032—2021, 4.1.46, 有修改]

示例：城市、食品、电网中的电流、制造工艺。

A. 12 社会实体 **social group**

共享某种社会关系的人类个体或群体。

注：社会实体既是物理实体（A.2），也是抽象实体（A.6）。

A. 13 组织 **organization**

具备职责、权限和相互关系等自身职能以实现其目的的社会实体（A.12）。

[来源：参考 ISO 56000:2024, 3.2.2]

A. 14 人工实体 **human-made entity**

由社会实体（A.12）和/或物理虚拟混合实体（A.4）运用体力和智力创造的实体（A.1）。

注：所有非自然实体都是人工实体。人工实体包括人工物理实体（A.11）、抽象实体（A.6）（如社会实体（A.12））、虚拟实体（A.3）和物理虚拟混合实体（A.4）。

示例：人工物理系统（3.2.1）、产品、项目、服务、人为过程（A.10）、企业（A.32）、架构描述（A.25）、无形资产。

A. 15 资产 asset

对组织（A.13）有潜在价值或实际价值的实体（A.1）。

注：价值可以是有形的或无形的。资产有多种分类方式。

[来源：参考 GB/T 33172-2016, 3.2.1]

A. 16 认知资产 cognitive asset

组织（A.13）或人工物理实体（A.11）在运营或运行过程中产生的无形资产。

注：数据（A.17）、信息（A.18）、知识（A.19）和智慧都属于认知资产。

A. 17 数据 data, pl

(a) 关于实体（A.1）的事实。

[来源：参考 GB/T 19000-2016, 3.8.1]

(b) 以适合于通信、解释或处理的形式化方式对信息（A.18）进行可重新解释的表示。

注 1：数据通常采用定性变量或定量变量值的集合的形式。

[来源：ISO 5127:2017, 3.1.1.15]

(c) 分配给基本测度、派生测度或指标的值的集合。

[来源：ISO/IEC/IEEE 15939:2017, 3.4]

注 2：定义(b)和定义(c)等价。

A. 18 信息 information

(a) 实体（A.1）所呈现（所表述）的过程（A.10）状态及其变化方式。

(b) 认识主体所表述的实体（A.1）过程（A.10）状态及其变化的形式、含义和价值。

[来源：钟义信. 信息科学原理（第 5 版）. 北京邮电大学出版社, 2013, 有修改]

(c) 经过处理、组织和关联以产生意义的信息（A.17）。

[来源：ISO 5127:2017, 3.1.1.16GB/T 19000—2016, 3.8.2, 有修改]

注：定义(a)是信息的本体论定义；定义(b)是信息的认识论定义。定义(b)和定义(c)等价。认识主体既可以是社会实体（A.12），也可以是具有信息处理能力或一定智能的物理虚拟混合实体（A.4）。

A. 19 知识 knowledge

(a) 被维护、处理和解释的信息（A.18）。

[来源：ISO 5127:2017, 3.1.1.17]

(b) 认识主体所表述的实体（A.1）过程（A.10）状态及其变化规律。

[来源：钟义信. 信息科学原理（第 5 版）. 北京邮电大学出版社, 2013, 有修改]

注：定义(a)和定义(b)等价。认识主体既可以是社会实体（A.12），也可以是具有信息处理能力或一定智能的物理虚拟混合实体（A.4）。

A. 20 工程 engineering

将科学原理和专业技术应用到生产和生活实践而形成的各种学科。

注：工程也可以指：各工程学科的总称，各种工程学科内的核心方法，以及这些方法的应用活动或过程（A.10）。

[来源：大辞海·机械电气卷，WordNet，ISO/IEC/IEEE 24765:2017, 3.1393、ISO/TS 15926-11:2023, 3.1.8, ISO 16484-1:2024, 3.7, 有修改]

A. 21 系统工程 systems engineering

利用系统原理和概念以及科学、技术和管理方法，成功实现、使用和退役工程化系统的跨学科的综合方法。

注：与机械工程、电子工程等工程（A.20）学科一样，系统工程也是一个工程（A.20）学科；与传统工程（A.20）的垂直学科不同的是，系统工程是一种横断学科。

[来源: ISO/IEC/IEEE 15288:2023, 3.50, 有修改]

A. 22 体系 system of systems, SoS

一组系统（A.8）或系统元素，它们相互作用以提供任何组成系统（A.8）都无法单独完成的独特能力。

注：体系一词在中文和在本文件中都是多义词。本文件标题和 GB/T 19100—2003 中的概念体系，是指概念系统（A.8），这时的体系等同于系统（A.8）。本文件系统（A.8）层次中的体系，等同于一系列系统工程（A.21）标准（ISO/IEC/IEEE 15288/21839/21840/21841）中的系统的系统（system of systems），这是一类特殊的系统（A.8），例如数字孪生体系（3.2.12）。

[来源：ISO/IEC/IEEE 21839:2019, 3.1.4, 有修改]

A. 23 体系工程 systems of systems engineering, SoSE

规划、分析、组织、开发和集成现有系统和新系统能力的过程（A.10），包括系统间基础设施和总体过程，形成大于各组成系统能力总和的体系（A.22）能力。

注：体系工程是系统工程（A.21）的子学科。

[来源：ISO/IEC/IEEE 21841:2019, 3.1.5, 有修改]

A. 24 架构 architecture

实体（A.1）在其环境中的基本概念或性质，以及实现和演化该实体（A.1）及其相关生存周期（B.3）过程（A.10）的治理原则。

[来源：ISO/IEC/IEEE 42020:2019, 3.3, 有修改]

A. 25 架构描述 architecture description

用于表达架构（A.24）的工作产品。

注：架构描述是一种抽象实体（A.6）。

[来源：ISO/IEC/IEEE 42010:2022, 3.3, 有修改]

A. 26 架构视图 **architecture view**

对架构（A.24）的一个或多个架构方面的捕获，以适合人类理解的形式解决相关利益相关方的视角和关切。

注：架构视图用于组织架构描述（A.25）的内容。每个架构视图都受架构视点（A.27）约定的约束。架构视图可以由一个或多个模型（A.7）组成或派生。

[来源：ISO/IEC/IEEE WD1 42024, 3.4.6, 有修改]

A. 27 架构视点 **architecture viewpoint**

创建、解释和使用架构视图（A.26）的约定和规范。

注：架构视点框定了利益相关方的关切，并与架构方面和利益相关方视角保持一致。

[来源：ISO/IEC/IEEE WD1 42024, 3.4.7]

A. 28 企业 **enterprise**

人类的事业或冒险，具有明确和清晰定义的任务、目标和目的，以提供产品或服务，或实现期望的项目成果或业务成果。

注 1：对于正在运营的企业，它作为一个系统（A.8），通过生存历史中的生存周期（B.3）活动来实现其使命。

注 2：企业既可以是具体实体，例如公司、项目或扩展的供应链企业；也可以是抽象实体（A.6），例如虚拟企业。

注 3：在英文中，特别是在系统工程（A.21）、企业建模、企业工程等领域，并不是所有的企业都是一种组织（A.13），更不是所有的组织（A.13）都是企业。一个或多个组织单元参与一个企业。对于涉及多个组织单元的企业，每个单元提供各种资源供使用，参与程度取决于它从参与中获益的程度，这通常是为了解决它自身无法单独解决的一些挑战。

注 4：在中文语境下，企业通常指从事商业、工业或专业活动的营利性经济组织（A.13）。这与国际化各领域涉及的 **enterprise** 的内涵和外延有较大区别。经过多年标准化和行业实践，本文件依然建议将 **enterprise** 译为“企业”，取“企”和“业”两个字所分别蕴涵的“企图”和“事业”之意，正好符合 **enterprise** 在相关国际标准中的定义。

注 5：复杂不是企业的本质特征和区别特征。

[来源：ISO 15704:2019, 3.4, 有修改]

附 录 B
(规范性附录)
有关分类框架的术语

B.1 尺度 scale

与实体 (A.1) 属性 (B.6) 映射的一组有序连续或离散值或一组类目。

[来源: ISO/IEC/IEEE 15939:2017, 3.34, 有修改]

B.2 时间尺度 temporal scale

对实体 (A.1) 的生存周期 (B.3) 的度量。

注: 这种度量包括两个方面: 一是实体 (A.1) 生存周期 (B.3) 长度的数量级, 如秒、小时、星期、年等, 或微观、介观、宏观、宇观等; 二是生存周期阶段 (B.4) 列表。

B.3 生存周期 life cycle

生命周期

人工实体 (A.14) 从概念构思到退役报废的演变过程 (A.10); 自然实体从产生到消亡的演变过程 (A.9)。

[来源: ISO/IEC/IEEE 15288:2023, 3.21, 有修改]

示例: 系统生存周期、软件生存周期、数据生存周期 (GB/T 35295—2017, 2.1.2; ISO/IEC 20547-3:2020, 3.16)。

注: 在系统工程 (A.21) 和软件工程领域多用生存周期的说法; 在工业和 PLM 领域, 多用生命周期的说法。

B.4 生存周期阶段 life cycle stage

生命周期阶段

阶段

实体 (A.1) 生存周期 (B.3) 中的时间段, 与实体 (A.1) 的描述或实现的状态相关。

注: 生存周期阶段涉及实体 (A.1) 生存周期 (B.3) 中的重大进展和里程碑成就。生存周期阶段可以重叠。

[来源: ISO/IEC/IEEE 15288:2023, 3.43]

B.5 空间尺度 spatial scale

对实体 (A.1) 的空间范围和系统 (A.8) 复杂程度的度量。

注 1: 这种度量包括两个方面: 一是实体 (A.1) 所在的系统层次, 如系统元素、子系统、系统 (A.8)、体系 (A.22); 二是实体 (A.1) 所占空间尺寸的数量级, 也称物质尺度, 如原子尺度、分子尺度、生物尺度、地球尺度、宇宙尺度, 或微观、介观、宏观、遥观、宇观。物质尺度可以继

续细分，如分子尺度包括单原子分子、有机小分子、有机高分子、生物/非生物大分子、超分子；生物尺度包括细胞、组织、器官、系统（等同于系统层次中的子系统）、生物个体。

B. 6 属性 attribute

可由社会实体（A.12）或人工物理实体（A.11）采用人工或自动的方式定量或定性区分的某一实体（A.1）的特性或性质。

注：特性（characteristic）通常用来描述抽象实体（A.6）的属性，性质（property）通常用来描述具体实体（A.5）的属性。

[来源：ISO/IEC/IEEE 15939:2017, 3.2, 有修改]

B. 7 需求 requirement

将对实体（A.1）指定属性（B.6）的需要及其相关约束和条件进行形式化转换或表达的声明。

[来源：ISO/IEC/IEEE 29148:2018, 3.1.19, 有修改]

B. 8 指标 indicator

对由规定信息（A.18）需要的相关模型（A.7）导出的对实体（A.1）指定属性（B.6）提供估算或评价的测度。

[来源：ISO/IEC/IEEE 15939:2017, 3.10, GB/T 20917—2007（ISO/IEC 15939:2002）, 3.10, 有修改]

B. 9 框架 framework

用于分类和组织复杂信息（A.18）的逻辑结构。

[来源：ISO/TS 19150-1:2012, 4.6]

B. 10 参考框架 reference framework

用于理解某些环境的实体（A.1）之间的重要关系的结构，并用于开发支持该环境的一致标准或规范。

注：参考框架为一致性、协作、共享和重用提供了一个通用背板。

[来源：ISO/IEC/IEEE 24641:2023, 3.1.31]

B. 11 分类体系 taxonomy

分类结构

处理属种关系的一类层次结构。

[来源：ISO/IEC 5394:2024, 3.20]

附 录 C
(资料性附录)
概念体系构建流程

本附录在 ISO 704:2022 和 ISO/IEC 21838-1:2021 基础上, 本节融合系统思维和系统工程方法, 对概念体系构建流程进行了补充和完善。

概念体系或轻量化领域本体的构建流程:

- a) 领域或主题分析: 确定目标受众及其需求, 分析确定概念领域或主题所覆盖的业务范围, 确定概念体系或领域本体名称, 初步确定要处理的核心概念。
- b) 顶级本体和中级本体定制分析: 分析确定顶级本体主要接口概念和分类扩展需求, 分析确定相关中级本体的数量、规模和现有资源。
- c) 基于属种关系初步构建概念体系: 确定全部核心概念在概念体系中的位置, 实现与顶级本体和中级本体概念的链接, 采用合适的建模语言和工具实现概念体系的可视化。
- d) 为概念体系里的每个概念确定术语名称和内涵定义。
- e) 最终确定概念体系中的所有属种关系概念节点。
- f) 根据需要, 为概念体系或部分概念增加属性关系等其他概念关系, 更新概念体系的可视化模型图。
- g) 制订概念体系或领域本体的长期目标和实施及维护更新计划。

注: 概念体系构建以及为相关概念撰写定义是动态迭代过程, 通常需要阶段评审和重复某些操作。

为特定概念撰写定义的步骤:

- a) 现有标准定义收集分析: 确定现有定义是否直接可用, 验证与概念体系的兼容性; 明确概念体系中对该概念的定位和理解与现有定义的差异, 以及如何修改。
- b) 若无现有定义, 根据概念体系对该概念的定位和拟定的属种关系, 初步确定该概念的上位概念。
- c) 对该概念进行初步的系统分析、过程分析或架构定义, 初步确定该概念的区别特征。
- d) 对该概念的上位概念进行系统分析, 选取合适的分类维度, 列出该概念的兄弟姐妹概念, 验证该概念的区别特征。
- e) 撰写概念定义初稿。若必要, 给出与其他定义的分歧说明; 若必要, 撰写定义注释; 若必要, 给出针对特定应用场景或利益相关方的定制版本及说明。
- f) 若必要, 反馈针对概念体系的修改意见。

为特定概念开发多维分类体系的步骤:

- a) 审查该概念的定义, 明确其上位概念和区别特征。若必要, 根据“概念定义 = 上位概念 + 区别特征”公式纠正和改进其定义。
- b) 对该概念进行系统分析和功能分析, 确定该概念的时空尺度和初步特征层次。
- c) 使用上述时空尺度和特征层次定制该概念的多维分类体系框架。
- d) 从定制后的分类体系框架中选择一个视角作为分类维度, 并将该概念分类为该维度下的子集, 并确保这些子集之间的交集为空集, 且所有这些子集的并集与该概念的全集相同。

- e) 从自定义的分类框架中选择下一个视角作为分类维度，重复上一步骤以构建该概念的多维分类体系。时空尺度和特征三维分类框架可以提供分类维度的初始正交性，检查新增的维度与现有维度的正交性。
- f) 审查自定义分类框架每个维度上的坐标点视角名称，并检查是否遗漏了值得作为该概念的多维分类体系一部分的任何视角。
- g) 根据任务的初始要求验证该概念的最终分类体系。

中国机电一体化技术应用协会

参考文献

- [1] ISO 704:2022 Terminology work - Principles and methods
- [2] ISO 1087:2019 Terminology work and terminology science – Vocabulary
- [3] ISO/IEC 5394:2024 Information technology — Criteria for concept systems
- [4] GB/T 10112—2019 术语工作 原则与方法
- [5] ISO/IEC 21838-1:2021 Information technology — Top-level ontologies (TLO) — Part 1: Requirements
- [6] Princeton University. WordNet 3.1. <http://wordnetweb.princeton.edu/perl/webwn>
- [7] GB/T 19000—2016 质量管理体系 基础和术语
- [8] ISO/IEC 20924:2024 Internet of Things (IoT) and digital twin — Vocabulary
- [9] ISO/IEC 23093-1:2022 Information technology — Internet of media things — Part 1: Architecture
- [10] ISO 5127:2017 Information and documentation — Foundation and vocabulary
- [11] GB/T 32400—2015 信息技术 云计算 概览与词汇
- [12] ISO/IEC 27102:2019 Information security management — Guidelines for cyber-insurance
- [13] ISO/IEC 27032:2012 Information technology — Security techniques — Guidelines for cybersecurity
- [14] DAU glossary of defense acquisition acronyms and terms. Cyberspace. <https://www.dau.edu/glossary/cyberspace>
- [15] Department of Defense. National Military Strategy for Cyberspace Operations. <https://www.hsdl.org/c/view?docid=35693>
- [16] U.S. Air force. Air force cyber command - strategic vision. <https://www.hsdl.org/c/view?docid=484153>
- [17] ISO/IEC/IEEE 42020:2019 Software, systems and enterprise — Architecture processes
- [18] ISO/IEC/IEEE 15288:2023 Systems and software engineering — System life cycle processes
- [19] ISO/IEC 21838-2:2021 Information technology — Top-level ontologies (TLO) — Part 2: Basic Formal Ontology (BFO)
- [20] ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering — System life cycle processes
- [21] GB/T 22032—2021 系统与软件工程 系统生存周期过程
- [22] ISO 56000:2024 Innovation management — Fundamentals and vocabulary
- [23] GB/T 33172—2016 资产管理 综述、原则和术语
- [24] ISO/IEC/IEEE 15939:2017 Systems and software engineering — Measurement process
- [25] 钟义信. 信息科学原理 (第5版). 北京: 北京邮电大学出版社, 2013
- [26] 夏征农. 大辞海*机械电气卷. 上海: 上海辞书出版社, 2007
- [27] ISO/IEC/IEEE 24765:2017 Systems and software engineering — Vocabulary
- [28] ISO/TS 15926-11:2023 Industrial automation systems and integration — Integration of life-

- cycle data for process plants including oil and gas production facilities — Part 11: Simplified industrial usage of reference data based on RDFS methodology
- [29] ISO 16484-1:2024 Building automation and control systems (BACS) — Part 1: Project specification and implementation
- [30] DAU glossary of defense acquisition acronyms and terms. Digital Engineering. <https://www.dau.edu/glossary/digital-engineering>
- [31] ISO/IEC TS 27570:2021 Privacy protection — Privacy guidelines for smart cities
- [32] ISO/IEC 27400:2022 Cybersecurity — IoT security and privacy — Guidelines
- [33] ISO/IEC TS 30105-9:2023 Information technology — IT Enabled Services-Business Process Outsourcing (ITES-BPO) lifecycle processes — Part 9: Guidelines on extending process capability assessment for digital transformation
- [34] DAU glossary of defense acquisition acronyms and terms. Digital Engineering Ecosystem. <https://www.dau.edu/glossary/digital-engineering-ecosystem>
- [35] ISO/IEC TS 30105-9:2023 Information technology — IT Enabled Services-Business Process Outsourcing (ITES-BPO) lifecycle processes — Part 9: Guidelines on extending process capability assessment for digital transformation
- [36] GB/T 23011—2022 信息化和工业化融合 数字化转型 价值效益参考模型
- [37] ISO/IEC/IEEE 21839:2019 Systems and software engineering — System of systems (SoS) considerations in life cycle stages of a system
- [38] ISO/IEC/IEEE 21840:2019 Systems and software engineering — Guidelines for the utilization of ISO/IEC/IEEE 15288 in the context of system of systems (SoS)
- [39] ISO/IEC/IEEE 21841:2019 Systems and software engineering — Taxonomy of systems of systems
- [40] ISO/IEC/IEEE 42010:2022 Software, systems and enterprise — Architecture description
- [41] ISO/IEC/IEEE WD1 42024 Enterprise, systems and software — Architecture fundamentals
- [42] ISO 15704:2019 Enterprise modelling and architecture — Requirements for enterprise-referencing architectures and methodologies
- [43] ISO/IEC 20924:2021 Information technology - Internet of Things (IoT) — Vocabulary
- [44] 数字孪生体实验室. 数字孪生体技术白皮书. 安世亚太科技股份有限公司, 2019
- [45] ISO 23247-1:2021 Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 1: Overview and general principles
- [46] ISO 23247-2:2021 Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 2: Reference architecture
- [47] ISO 23247-3:2021 Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 3: Digital representation of manufacturing elements
- [48] ISO 23247-4:2021 Automation systems and integration — Digital twin framework for manufacturing — Part 4: Information exchange
- [49] ISO/TS 18101-1:2019 Automation systems and integration — Oil and gas interoperability — Part 1: Overview and fundamental principles
- [50] ISO/TR 4804:2020 Road vehicles — Safety and cybersecurity for automated driving systems — Design, verification and validation

- [51] ISO/IEC 22989:2022 Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology
- [52] ASME V&V 40 – 2018 Assessing Credibility of Computational Modeling through Verification and Validation: Application to Medical Devices
- [53] ISO/IEC 25012:2008 Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Data quality model
- [54] ISO/IEC TR 30172:2023 Internet of things (IoT) — Digital twin — Use cases
- [55] ISO/IEC 30173:2023 Digital twin — Concepts and terminology
- [56] ISO 5476:2023 Ships and marine technology — Virtual reality and simulation training systems for lifesaving appliances and arrangements
- [57] ISO 37173:2023 Smart community infrastructure — Guidance for the development of smart building information systems
- [58] ISO 16781:2021 Space systems — Simulation requirements for control system
- [59] INCOSE, ed. INCOSE systems engineering handbook - A guide for system life cycle processes and activities. Fifth Edition, INCOSE-TP-2003-002-05. John Wiley & Sons, 2023.
- [60] DAU glossary of defense acquisition acronyms and terms. Digital Thread. <https://www.dau.edu/glossary/digital-thread>
- [61] Office of the Under Secretary of Defense for Research and Engineering. DODI 5000.97 Digital Engineering. <https://www.esd.whs.mil/Portals/54/Documents/DD/issuances/dodi/500097p.pdf>
- [62] Object Management Group, Inc. The Digital Twin Consortium. Glossary of Digital Twins. <https://www.digitaltwinconsortium.org/glossary/glossary.html>
- [63] Object Management Group, Inc. The Digital Twin Consortium. The Case for the Digital Thread. <https://www.digitaltwinconsortium.org/2020/12/the-case-for-the-digital-thread/>
- [64] OMG MBSE Wiki. Digital Thread. https://www.omgwiki.org/MBSE/doku.php?id=mbse:digital_thread
- [65] ISO/IEC TS 5723:2022 Trustworthiness — Vocabulary
- [66] ISO/IEC 20547-3:2020 Information technology — Big data reference architecture — Part 3: Reference architecture
- [67] GB/T 35295—2017 信息技术 大数据 术语
- [68] ISO/IEC/IEEE 29148:2018 Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering
- [69] GB/T 20917—2007 软件工程 软件测量过程
- [70] ISO/TS 19150-1:2012 Geographic information — Ontology — Part 1: Framework
- [71] ISO/IEC/IEEE 24641:2023 Systems and Software engineering — Methods and tools for model-based systems and software engineering
- [72] ISO/IEC 5394:2024 Information technology — Criteria for concept systems
- [73] IWA 39:2022 Gap analysis for standardization on sustainable and human-centred societies enabled with cyber physical systems
- [74] ISO 23704-1:2022 General requirements for cyber-physically controlled smart machine tool systems (CPSMT) — Part 1: Overview and fundamental principles

- [75] IEC 63278-1:2023 Asset Administration Shell for industrial applications - Part 1: Asset Administration Shell structure
- [76] GB/T 33745—2017 物联网 术语
- [77] ISO/IEC 18038:2020 Information technology — Computer graphics, image processing and environmental representation — Sensor representation in mixed and augmented reality
- [78] ISO/IEC TR 23843:2020 Information technology for learning, education and training — Catalogue model for virtual, augmented and mixed reality content
- [79] ISO 9241-394:2020 Ergonomics of human-system interaction — Part 394: Ergonomic requirements for reducing undesirable biomedical effects of visually induced motion sickness during watching electronic images
- [80] 澎湃新闻专访. 陈序：掘金元宇宙，最关键的是什么？ 2022-05-12. <https://www.163.com/dy/article/H75NRGCL0514R9P4.html>
- [81] Thierry Klein. Bell Labs Solutions Research at Nokia. Powering the industrial metaverse. <https://www.nokia.com/metaverse/industrial-metaverse/>
- [82] Deloitte Insights. The time for the industrial metaverse could be right now. 2023-11-13. <https://action.deloitte.com/insight/3630/the-time-for-the-industrial-metaverse-could-be-right-now>
- [83] GB/T 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求
- [84] Tyesia P. Alexander, John H. Coleman Authoritative Source of Truth. OMG MBSE Wiki, 2018-12-04 , https://www.omgwiki.org/MBSE/doku.php?id=mbse:authoritative_source_of_truth
- [85] Lars Nagel, Douwe Lycklama. Design principles for data space: position paper, version 1.0. International Data Spaces Association, 2021-04-01
- [86] Juanjo Hierro. FIWARE for data spaces: position paper, version 1.0. FIWARE Foundation e.V., 2021-06
- [87] ISO/IEC 22123-1:2023 Information technology — Cloud computing — Part 1: Vocabulary
- [88] ISO/IEC TR 23188:2020 Information technology — Cloud computing — Edge computing landscape
- [89] GB/T 40685-2021 信息技术服务 数据资产 管理要求
- [90] 国家数据局等. “数据要素×”三年行动计划（2024—2026年）. https://www.cac.gov.cn/2024-01/05/c_1706119078060945.htm
- [91] 钱学森等. 论系统工程（增订本）. 湖南科学技术出版社, 1988

《工业数字孪生概念和术语体系》

编制说明

一 工作简况

（一）任务来源

2023 年 9 月 25 日，中机电协[2023]61 号文发布中国机电一体化技术应用协会准予《工业数字孪生概念和术语体系》团体标准立项的通知。《工业数字孪生概念和术语体系》由安世亚太科技股份有限公司牵头起草，由中国机电一体化技术应用协会标准化工作委员会归口，应在 12 个月内完成制定（2023 年 10 月至 2024 年 9 月），标准项目计划编号为 TB-20230032。

（二）国内关于数字孪生术语标准的制定情况及最新要求

目前国内没有专门的数字孪生术语标准。

GB/T 43441.1-2023《信息技术 数字孪生 第 1 部分：通用要求》定义了 6 个术语，未形成通用领域的数字孪生术语体系。

GB/T 41723-2022《自动化系统与集成 复杂产品数字孪生体系架构》定义了 10 个术语，未形成自动化系统与集成领域的数字孪生术语体系。

国际上，也没有专门的数字孪生概念体系标准。

ISO/IEC 30173:2023《Digital Twin Concepts and Terminology》定义了 41 个术语，但未形成通用领域的数字孪生概念体系。

作为一项正处于迅速发展的新兴技术，目前业界对数字孪生概念的内涵和外延理解不一，相关定义众多，已经在某种程度上影响到该技术的研发、应用和标准化。为解决目前行业实践中，“数字孪生”这一术语存在的指代不清、边界模糊现象，有必要建立系统完备的数字孪生概念和术语体系标准。

（三）标准编制的目的、意义

当一项新兴技术或一个新概念出现时，该领域的概念体系构建和相关术语定义是后续一切工作的基础。对于数字孪生这样的新概念、新领域，为加速其技术研发和验证，促进其技术演化和成熟，在标准化层面，首要工作就是构建该技术、该领域的概念体系和术语体系。概念体系是术语工作和建立术语体系的基础。现有术语的分析、定义和新术语的确立都应在概念体系的指导下进行。

本标准是要构建面向工业领域的系统完备的数字孪生概念体系和术语体系，为基于概念体系的通用要求、参考架构、成熟度模型等数字孪生标准体系的建立和完善，以及数字孪生技术和系统在工业领域各行业的应用和推广提供标准化支撑。

（四）标准特点

1. 本标准完全遵循 ISO 704:2022 和 GB/T 10112-2019 关于构建概念体系和撰写术语定义的建议和要求。ISO 704:2022《Terminology work - Principles and methods》5.6.2 节给出了构建概念体系的宏观步骤（六步 110 字），本标准概念体系的构建完全遵循了这些步骤建议。ISO 704:2022、GB/T 10112-2019、GB/T 1.1-2020 和 ISO/IEC Directives Part 2 都强烈建议术语定义采用内涵定义，即概念定义 = 上位概念 + 区别特征，本标准的定义撰写完全遵循了这一要求。

2. 本标准运用系统思维和系统工程方法，丰富和发展了 ISO 704:2022 的概念体系构建步骤，形

成了概念体系或轻量化领域本体的构建流程。这一流程包括七步主流程（近 350 字），以及两个子流程：为特定概念撰写定义的步骤（六步，280 字）和为特定概念开发多维分类体系的步骤（七步，360 字）。这一工作为提高各领域标准化工作，特别是术语工作的成熟度，打下了坚实的基础。

3. 围绕数字孪生体和数字孪生系统两个核心概念，本标准建立了系统化的相对完备的数字孪生概念体系。这一概念体系包括约 130 个概念，建立了与顶级本体 BFO 的关联，并按需对 BFO 的实体概念进行了多维分类扩展，建立了与中级本体——分类框架的关联，初步建立了与数字工程领域本体的关联。这一工作为数字孪生领域的标准化工作和行业实践建立概念体系的共识，打下了坚实的基础，为目前正在进行的各项数字孪生参考架构和成熟度模型标准编制工作提供有力支撑。

4. 参考众多国际标准、国家标准、信息技术、国防军工和航空航天领域最佳实践，本标准建立了面向工业领域的数字孪生术语体系。这一术语体系基于数字孪生概念体系，为 94 个概念提供了术语和定义，涵盖实体多维分类体系、数字孪生体、数字孪生系统、数字孪生相关外部技术、数字孪生系统运行环境和分类框架六大类术语。为数字孪生领域的标准化工作和行业实践建立术语定义的共识，打下了坚实的基础，为目前正在进行的各项数字孪生参考架构和成熟度模型标准编制工作提供有力支撑。

（五）主要工作过程

1. 立项及编制准备阶段（2023 年 8-12 月）

8 月，立项准备；9 月，立项获批。

10-11 月，向社会公开征集本标准参编单位，广泛邀请工业企业、软件厂商、科研院所、大专院校等利益相关方，正式组建标准编制工作组，20 多家单位参编。

11 月，召开立项研讨会，讨论确定项目目标和计划。

12 月，项目组组织内部培训（术语工作相关标准和资料自学和研讨），参编专家按数字孪生概念体系分组。

2. 起草阶段（2024 年 1-5 月）

1 月，召开项目开工会，确定标准大纲，讨论标准草案初稿；召开第一次编辑会，各小组确定负责人，讨论拟新增的概念列表和概念关系。

2 月，召开第二次编辑会，领域本体构建研讨；召开第三次编辑会，领域本体和顶级本体关系研讨。

3 月，中国特种设备检测研究院承办并主持第四次编辑会（线下），调整目次结构，讨论更新数字孪生体定义，确认数字孪生系统与 CPS 关系；召开第五次编辑会，讨论数字孪生体质量特性。

4 月，召开第六次编辑会，形成标准草案第二稿。

5 月，召开第七次编辑会，形成新版草案，作为项目组内部征求意见稿。

3. 征求意见阶段（2024 年 5-8 月）

5 月，召开第八次编辑会，讨论处理第一版征求意见稿反馈意见。收到七家单位 12 位专家的 53 条意见，接受 26 条，原则接受 10 条，解释或回答问题 9 条，未接受 8 条。在此基础上，形成第

一次征求意见处理稿，概念体系新增数字工程相关概念。根据专家意见，拟新增“有关数字孪生系统运行环境的术语”一节（3.4 节）。

6 月，扩大征求意见范围，在中国机电一体化技术应用协会专家群（近 120 人）征求意见，收到三家单位 3 位专家的 12 条意见。召开第九次编辑会，讨论处理第二版征求意见稿反馈意见，接受 4 条，原则接受和部分接受 4 条，未接受 4 条。

7 月，完成 3.4 节和附录 C，形成面向社会公开的第三版征求意见稿。

8 月，拟完成第三版征求意见稿反馈意见处理，形成送审稿。

4. 审查阶段（2024 年 8-9 月）

未开始，拟于 9 月召开本标准审查会。

5. 报批阶段

未开始。

二 标准编制原则

（一）科学性原则：本标准编制是建立在术语工作标准、系统工程方法和数字孪生行业实践的基础上，确保面向工业领域的数字孪生概念体系和术语体系具有科学性和可行性，能够有效指导各领域数字孪生标准化工作和行业实践。

（二）统一性原则：本标准编制协调统一各方的要求和标准，确保参编单位和其他利益相关方方便该标准的实施可行。

（三）公正性原则：本标准编制过程公正、公平、透明，确保标准的制定过程中各方利益的平衡，不偏袒任何一方，保证标准的客观性和公信力。

（四）可操作性原则：本标准编制时充分考虑了可操作性，确保参编单位和其他利益相关方能够指导其他相关标准编制和支撑相关行业实践项目。

（五）合规性原则：本标准编制符合国家法律法规和相关行业的规范和标准，确保标准的合法性和合规性，遵循国家政策和法律要求。

三 标准主要内容

本标准确定了工业领域数字孪生的基本概念，建立了相应的概念体系和术语体系，进而推演和规定了相关术语定义。本标准适用于所有工业相关的行业和领域，特别是在新型工业化和数字工程的大背景下，数字孪生相关研究、开发、应用与服务各种场景。

第三章术语和定义包括数字孪生体、数字孪生系统、数字孪生及其外部技术、数字孪生系统运行环境相关的术语。第四章给出了工业数字孪生概念体系、实体和模型的多维分类，阐述了虚拟与数字、数字孪生系统与信息物理系统、数字工程与系统工程等重要概念间的关系。

附录 A 给出了顶级本体相关术语及定义。附录 B 给出了分类框架相关术语和定义，附录 C 给出了概念体系构建流程。

四 预期社会效益

通过本标准的编制，为数字孪生行业贡献了一套相对系统完备的概念体系和术语体系，供所

有利益相关方在实施过程中审视、审查和审核，为最终达成行业共识提供了一个有益的起点。

本标准展示了利用术语工作标准、顶级本体标准、系统工程方法和信息建模工具相互配合构建概念体系和术语体系的可行性和有效性，为其他领域术语工作和概念体系的构建探索验证了技术路线。

五 采用国际标准和国外先进标准情况

由于国内外尚无类似标准，所以本标准编制过程中，未等同采用或修改采用任何国际标准和国外标准。但本标准的数字孪生概念体系和术语体系充分参考借鉴了参考众多国际标准、国家标准、信息技术、国防军工和航空航天领域最佳实践，结合国内实际情况进行了深入研究与修订。除了规范性引用文件中提到的 5 个国际标准，参考文献还列出了近 70 个国际标准和国外文献。通过与国际接轨，确保本标准达到国内和国际先进水平，为产业发展提供有力支撑。

六 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准编制过程中，严格遵循相关法律、法规和强制性国家标准，确保本标准的合规性。

七 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草过程中未出现重大分歧意见。

八 标准性质的说明

建议本标准为推荐性标准。

九 贯彻标准的要求和措施建议

本标准项目组将联合参编单位和各利益相关方，通过参编其他标准、参与数字孪生行业实践和工程项目、撰写论文、参加研讨等各种措施，宣传贯彻本标准，争取达成行业共识。

十 废止现行有关标准的建议

无。