ICS 35.240.01
CCS L 67

中华人民共和国国家标准

GB/T 43441.3—2026

信息技术　数字孪生　第3部分:信息交互

Information technology—Digital twin—Part 3:Information exchange

2026-01-28 发布　　2026-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

资料整理
火龙果科技 荐

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅳ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　缩略语 …… 2
5　信息交互概念框架 …… 2
6　测量感知 …… 3
6.1　交互内容 …… 3
6.2　交互方式 …… 3
6.3　技术要求 …… 3
7　反馈控制 …… 4
7.1　交互内容 …… 4
7.2　交互方式 …… 4
7.3　技术要求 …… 4
8　服务调用 …… 4
8.1　交互内容 …… 4
8.2　交互方式 …… 5
8.3　技术要求 …… 5
9　数据输出 …… 5
9.1　交互内容 …… 5
9.2　交互方式 …… 5
9.3　技术要求 …… 5
10　数字实体内交互 …… 6
10.1　交互内容 …… 6
10.2　交互方式 …… 6
10.3　技术要求 …… 6
11　数字实体间交互 …… 6
11.1　交互内容 …… 6
11.2　交互方式 …… 6
11.3　技术要求 …… 6
附录 A（规范性）　数字孪生信息交互的信息结构 …… 7
附录 B（规范性）　数字孪生信息交互的信息接口 …… 8
参考文献 …… 9

资料整理
火龙果科技 荐

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。

本文件是GB/T 43441《信息技术　数字孪生》的第3部分。GB/T 43441已经发布了以下部分：

——第1部分：通用要求；

——第2部分：数字实体；

——第3部分：信息交互。

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。

本文件由全国信息技术标准化技术委员会(SAC/TC 28)提出并归口。

本文件起草单位：重庆邮电大学、中国电子技术标准化研究院、重庆邮电大学工业互联网研究院、江苏赛西科技发展有限公司、深圳赛西信息技术有限公司、无锡物联网产业研究院、武汉工学智联科技有限公司、中移(杭州)信息技术有限公司、重庆市质量和标准化研究院、天津市特种设备监督检验技术研究院、中国电信股份有限公司北京研究院、陕西省信息化工程研究院、感知数链(无锡)科技有限公司、机械工业第六设计研究院有限公司、中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院西北分院、南京航空航天大学、三一集团有限公司、东方电气集团数字科技有限公司、北京五一视界数字孪生科技股份有限公司、无人智境(北京)技术有限公司、沈阳飞机工业(集团)有限公司、郑州轻工业大学、浙江西图盟数字科技有限公司、苏州格比智能科技有限公司、中建科技集团有限公司、长飞光纤光缆股份有限公司、广东省工业边缘智能创新中心有限公司、中国电子科技集团公司第五十四研究所、北自所(北京)科技发展股份有限公司、中移物联网有限公司、国家能源集团宁夏煤业有限责任公司金凤煤矿、东华工程科技股份有限公司、上海发电设备成套设计研究院有限责任公司、国家管网集团北京管道有限公司、北京城市学院、嘉杰科技有限公司、武汉网信安全技术股份有限公司、东方电气(武汉)核设备有限公司、湖北回天新材料(宜城)有限公司、深圳市艾特智能科技有限公司、东方电气(成都)创新研究有限公司、深圳市拜特科技股份有限公司、合肥中科类脑智能技术有限公司、秦皇岛烟草机械有限责任公司、山东舜水信息科技有限公司、江苏星基智造科技股份有限公司、三门三友科技股份有限公司、深圳市磅旗科技智能发展有限公司、北京纵横无双科技有限公司、深圳大工人科技有限公司、视昀科技(深圳)有限公司、乔路铭科技股份有限公司、深圳图为技术有限公司、成都银磁材料有限公司、湖北省水利水电科学研究院、东北大学、金航数码科技有限责任公司、西北工业大学、咪咕新空文化科技(厦门)有限公司、北京积分时代科技有限公司、华东电子工程研究所(中国电子科技集团公司第三十八研究所)、南方电网能源发展研究院有限责任公司、瑞立集团瑞安汽车零部件有限公司、浙江卓瑞机械科技有限公司、浙江力诺流体控制科技股份有限公司。

本文件主要起草人：黄旭炜、李佳、魏旻、张焱、韩丽、吴明娟、蒋志超、张星星、冯大刚、董昕阳、张程、杜非、商兴宇、黄庆卿、赵晓荣、钟陈、吴中骅、蒲宬亘、王浩、马立群、刘丽莎、姚刚、彭聪、卢阳光、张树蕊、杨孟林、袁标、王辰康、王淼鑫、何智勇、潘新、李琳利、张智慧、曹义军、樊则森、胡成国、王博、李爽、钱维林、吴晗、叶波、王勇、熊小鹏、赵俊杰、钮涛、任申龙、蔡国斌、庄伟、杨凯镞、张楠楠、张永忠、吴洋、朱武振、唐炼、程建超、田军、张涵、杨阳、李通通、欧密、吴俊义、吴小倩、沈澈、胡德芳、孙文军、徐娜、李玉珩、陈剑翰、翁晓燕、陈清西、严澈、陈磊、卢迪、柯华、陈海军、张美丽、李超、彭玉怀、张晓梅、刘屹、李士宁、张小磊、杨程介、郭磊、张红旗、李洁珊、潘银斌、黄建宇、冯辉彬、宋虬。

资料整理
火龙果科技 荐

引　言

数字孪生是具有数据连接的特定目标实体的数字化表达，该数据连接可保证物理状态和虚拟状态之间以适当的速率和精度进行同步。由于数字孪生具备虚实融合与实时交互、迭代运行与优化，以及全要素/全流程/全业务数据驱动等特点，目前已被广泛应用到制造、城市、农业、能源、建筑等多个领域。面对数字孪生在多种场景中的广泛应用需求，开展数字孪生标准化工作显得尤为重要。GB/T 43441旨在规定数字孪生的通用要求、数字实体构建、信息交互、数字化资产分类与管理等，拟由四个部分构成。

——第1部分：通用要求。目的在于规定数字孪生的参考架构、基本要求、功能要求以及安全要求。

——第2部分：数字实体。目的在于规范数字实体的架构、构建、管理和服务调用要求。

——第3部分：信息交互。目的在于规范数字孪生信息交互的概念框架以及测量感知等主要过程。

——第4部分：数字资产分类与管理要求。目的在于规定数字孪生过程中产生的数字化资产分类及管理要求。

资料整理
火龙果科技 荐

信息技术　数字孪生　第3部分:信息交互

1　范围

本文件给出了数字孪生信息交互的概念框架,规定了该框架下测量感知、反馈控制、服务调用、数据输出、数字实体内交互和数字实体间交互过程的要求。

本文件适用于数字孪生有关系统或产品的开发、应用与服务。

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。

GB/T 43441.1—2023　信息技术　数字孪生　第1部分:通用要求

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

目标实体　target entity

现实世界被选中进行数字化映射的实体。

[来源:GB/T 43441.1—2023,3.2]

3.2

数字实体　digital entity

目标实体的数字化映射。

[来源:GB/T 43441.1—2023,3.3]

3.3

数字孪生　digital twin

具有保证物理状态和虚拟状态之间以适当速率和精度同步的数据连接的特定目标实体的数字化表达。

[来源:GB/T 43441.1—2023,3.4]

3.4

信息交互　information exchange

信息在数字实体和目标实体之间、数字实体和服务应用之间,以及数字实体内部、数字实体之间的获取、传输、使用过程。

3.5

数字模型　digital model

通过对目标实体的内外部特征、行为规律、关联关系等要素进行数字化映射,形成的与目标实体相对应的数字化抽象描述。

[来源:GB/T 43441.2—2026,3.3,有修改]

资料整理
火龙果科技 荐

3.6

孪生数据　twin data

记录目标实体各类相关信息的数值。

[来源:GB/T 43441.2—2026,3.4,有修改]

3.7

本体数据　ontology data

记录目标实体的几何特征、自有属性和相关约束等相关信息的数值。

[来源:GB/T 43441.2—2026,3.9,有修改]

3.8

规则数据　rule data

对于目标实体的相关规律、准则和约束的数字化抽象描述。

[来源:GB/T 43441.2—2026,3.10,有修改]

3.9

衍生数据　derived data

记录本体数据和规则数据处理过程,以及记录模型构建并进行验证修正及迭代优化过程等相关信息的数值。

[来源:GB/T 43441.2—2026,3.11]

3.10

数字孪生系统　digital twin system

基于数据驱动来实现目标实体与数字实体间各要素动态迭代的系统。

注:数字孪生系统由目标实体、数字实体、两者之间的数据连接以及数据连接过程中涉及的模型、数据和接口等要素组成。

[来源:GB/T 43441.1—2023,3.5]

4　缩略语

下列缩略语适用于本文件。

API:应用程序接口(Application Programming Interface)

ERP:企业资源计划(Enterprise Resource Planning)

PLM:产品生命周期管理(Product Lifecycle Management)

QMS:质量管理体系(Quality Management System)

5　信息交互概念框架

本文件定义的数字孪生信息交互过程符合 GB/T 43441.1—2023 规定的参考架构所描述的交互目标和交互方式。数字孪生信息交互概念框架见图 1。数字孪生的信息交互包括三类过程,它们分别发生在数字孪生系统内目标实体和数字实体之间,数字实体和服务应用之间,以及数字实体内部和数字实体之间。目标实体和数字实体之间的交互包含测量感知和反馈控制。数字实体和服务应用之间的交互包含服务调用和数据输出。数字实体内外的交互包含数字实体内交互和数字实体间交互。

资料整理
火龙果科技 荐

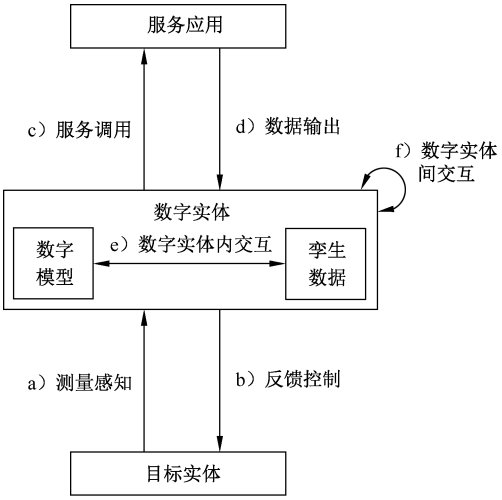

图 1　数字孪生信息交互概念框架

信息交互概念框架中交互过程包括：

a）　测量感知：通过测量和感知等方式获取目标实体信息，实现目标实体信息向数字实体的动态映射；

b）　反馈控制：基于服务应用的指令或分析结果，数字实体对目标实体进行的信息反馈和控制，是实现数字孪生作用物理世界的方式；

c）　服务调用：通过调用数字实体提供的信息接口，实现服务应用提取数字实体运行模型和数据等功能；

d）　数据输出：通过仿真、分析和决策等应用形成指令或数据，驱动数字孪生系统执行指令下达和模型更新等；

e）　数字实体内交互：通过数字实体内数字模型和孪生数据之间的信息交互，实现数字模型数据驱动、数字模型更新和数字模型分析计算结果输出；

f）　数字实体间交互：通过数字实体和其他数字实体之间的跨实体信息交互，实现不同数字实体间资源交互。

6　测量感知

6.1　交互内容

测量感知活动的交互信息包括但不限于以下内容。

a）　固定参数：目标实体本身具有的特性。如：几何特征、物理特性和功能特性等。

b）　动态特性：目标实体在存活、运行和发展过程中特性。如：运行状态和性能特征等。

c）　外界信息：影响目标实体状态的其他信息。如：环境信息和关联信息等。

6.2　交互方式

测量感知的交互方式如下：

a）　通过测量感知设备采集目标实体的数据，并传输映射到数字实体；

b）　从其他信息系统（如 ERP、PLM、QMS 等）获取目标实体数据，传输映射到数字实体。

6.3　技术要求

测量感知的技术要求包括：

资料整理
火龙果科技 荐

a) 所感知的目标实体数据应符合数字孪生系统对数据格式、精度和内容等的要求；
b) 应根据目标数据特征，确定数据测量感知的方式、精度和频率等技术参数；
c) 应具备多种数据感知和采集技术；
d) 数据采集过程应使用时间戳，并记录和存储日志；
e) 信息结构应符合附录 A 的要求；
f) 信息接口应符合附录 B 的要求。

7 反馈控制

7.1 交互内容

反馈控制的交互信息包括但不限于以下内容。

a) 反馈信息：经过服务应用与数字实体处理，向目标实体反馈的信息。如：状态反馈和决策建议等。
b) 控制信息：经过处理，由数字实体向目标实体下达的，用以控制目标实体的信息。如：控制指令和控制选项等。

7.2 交互方式

反馈控制的交互方式如下：

a) 数字实体对目标实体的直接控制，数字实体形成决策指令直接传输到目标实体；
b) 数字实体对目标实体的间接控制，数字实体形成反馈信息，通过可视化等人机交互方式反馈给执行人员，指导执行人员根据反馈信息进行分析决策，进而下达控制指令到目标实体。

7.3 技术要求

反馈控制技术要求如下：

a) 数字实体应基于模型、规则和目标实体提供的数据，利用反馈控制的算法进行数据分析、仿真模拟形成反馈信息和/或控制指令；
b) 反馈信息和/或控制指令应通过信息接口和交互组件等形式传输至目标实体，传输过程应符合网络信息系统的功能要求和传输技术规范，应支持可扩展的自定义接口方式；
c) 目标实体应支持控制指令格式、指令校验和指令注入权限等控制指令接入要求，反馈控制指令由数字实体自动执行或操作人员根据服务应用指令手动执行；
d) 反馈与控制应包含闭环特征，通过获取目标实体的实时状态信息并将指令执行情况、误差信息、状态信息和环境条件等反馈给数字实体，实现对整个过程的动态监视和闭环控制；
e) 应对目标实体与数字实体之间的数据采集、传输、转换和处理过程进行动态可视化监控，获取并监测基于数据的分析、仿真和优化结果，形成可追溯的控制指令和反馈信息流。

8 服务调用

8.1 交互内容

服务调用的交互信息包括但不限于以下内容。

a) 服务类别：服务应用从数字实体调用以实现服务的信息。如：数据服务、分析服务和控制服务等。
b) 调用信息：服务应用进行仿真、分析、预测和可视化等处理时，从数字实体提取的信息。如：数

资料整理
火龙果科技 荐

字模型、动态数据等。

8.2 交互方式

服务应用调用数字实体提供的信息接口，提取数字实体运行模型和数据，并驱动数字孪生系统执行相应操作，进而获取和展示相关结果。

8.3 技术要求

服务调用技术要求如下：

a) 应明确服务所执行的功能和任务，确保对服务需求描述的准确性，根据服务范围对服务类别进行划分，包括对数据处理的服务、对信息分析的服务和对实体控制的服务等；
b) 服务提供者应将服务信息注册到管理平台，包括信息接口、版本和元数据等，平台应支持服务用户查询可用服务及其接口信息；
c) 应定义服务调用的格式和方法，包括服务请求、服务响应和服务执行过程中的状态监控和异常处理等；
d) 应根据服务应用的要求，确定被调用数字模型的调用机制和预期结果；
e) 应定义服务的性能参数，包括响应时间、吞吐量和并发处理能力等，确保服务的高可用性和容错性；
f) 应明确服务调用的环境和传输安全，包括物理隔离、权限管控和数据传输安全等，确保服务的稳定性和安全性。

9 数据输出

9.1 交互内容

数据输出的交互信息包括但不限于以下内容。

a) 结果信息：服务应用经过仿真、分析和处理得到的结果性信息。如：预测结果和处理结果等。
b) 更新信息：经过服务应用处理后，作用于数字孪生系统，用以更新数字实体的信息。如：模型更新和状态更新等。
c) 系统信息：应用服务处理在运行过程中产生的关于其自身状态、性能和健康等方面的信息，确保服务应用的稳定性、可靠性和高效性。

9.2 交互方式

数据输出的交互方式如下：

a) 服务应用可通过图形化界面（如三维模型和仪表板等）将数据以直观的方式展示给用户或者操作员；
b) 服务应用可通过标准化 API 接口向外提供数据访问和交互能力；
c) 服务应用可通过实时数据流方式将模拟结果、状态信息和预测结果等持续输出至外部系统或用户界面；
d) 服务应用可生成报告，供用户或系统进行分析和存档。

9.3 技术要求

数据输出技术要求：

a) 数据输出内容应包含发起对象、指向目标、输出类型和输出内容等要素；
b) 数据输出应减少数据冗余，严格控制服务应用的数据输出模型，减少冗余数据的无效流动；

资料整理
火龙果科技 荐

c) 数据输出应记录输出时间、应答时间和执行时间等信息；
d) 数据输出应统一输出数据、指令的传输方式和接口协议标准，确保服务应用的安全稳定；
e) 服务应用输出的数据应根据分析结果或业务需求生成，实现相应的业务流程，如监控、预测和优化等；
f) 输出衍生数据和指令的精度和通信的频率等技术参数应满足数字模型计算和目标实体的响应时间要求和行业应用要求；
g) 数据输出应包含服务应用计算链路各环节的标准时间，有效判断数据在交互模型中是否存在计算或存储延迟。

10 数字实体内交互

10.1 交互内容

数字实体内交互的交互信息包括但不限于以下内容：
a) 数据信息：数字实体内部孪生数据向数字模型传输的信息，包含本体数据和规则数据；
b) 模型信息：数字实体内部通过数字模型处理得到的衍生数据。

10.2 交互方式

数字实体内交互的交互方式如下：
a) 数字孪生数据中实时或历史数据流向孪生模型，以驱动模型运行和更新；
b) 孪生模型的分析计算得到的数据流向数字孪生数据，进行数据汇聚和共享。

10.3 技术要求

数字实体内交互技术要求如下：
a) 应实时监视信息交互过程，识别和解决信息传递中的异常和错误，并记录和存储交互信息，为后续数据追溯和分析提供依据；
b) 应评估和优化信息交互的效率和质量。

11 数字实体间交互

11.1 交互内容

数字实体间交互的交互信息包括本体数据、规则数据和衍生数据等。

11.2 交互方式

数字实体间交互通过不同数字实体之间交互模型和数据信息在数字空间中的逻辑互动。

注：以独立部署的数字孪生系统中数字实体间能相互交互。

11.3 技术要求

数字实体间交互技术要求如下：
a) 参与信息交互的数字实体，应满足数字孪生系统功能需求，包括但不限于生产过程数据、运营数据和维护数据等；
b) 应通过本体论定义实体间共享术语，确保信息交互的语义统一；
c) 共享统一逻辑对象时，应保持信息的状态同步与一致性。

资料整理
火龙果科技 荐

附 录 A
（规范性）
数字孪生信息交互的信息结构

在数字孪生系统中用于实现信息交互的信息，主要包含首部、信息主体和尾部三部分。其中，首部包括标识、实体类型、系统层次、目标系统、时间码、身份验证位和可选位，信息主体包括实体特征描述、信息交互描述和其他信息，尾部包括校验位和终止码。每次交互过程按照首部、信息主体和尾部这个顺序进行数据传输。数字孪生信息交互的基本信息结构见图 A.1。

a） 首部：
   1） 标识，参与信息交互的实体的唯一性标识；
   2） 实体类型，应明确显示参与信息交互的实体的类型，即，目标实体或数字实体；
   3） 系统层次，应明确显示该实体在数字孪生系统中的层级；
   4） 目标系统，应明确显示信息发送的目标方，如：测量感知的目标系统是数字实体、反馈控制的目标系统是目标实体；
   5） 时间码，应明确显示发生信息交互的时间；
   6） 身份验证位，应明确显示信息发送方的身份信息；
   7） 可选位，应用于显示由参与该次信息交互的双方商定的其他规定。

b） 信息主体：
   1） 实体特征描述，应描述目标或数字实体的特征，宜包括几何、状态、参数和能力等；
   2） 信息交互描述，应描述实体在信息交互过程中需要交代的其他信息，宜包括信息交互的通信协议、实体数字化映射的描述方法、实体服从的管理与操作方法和信息交互的安全机制等；
   3） 其他信息，应包含参与交互的实体商定的要交互的其他信息。针对此类信息的商定情况，利用信息首部的“可选位”予以显示。

c） 尾部：
   1） 校验位，可用于精确显示所传递的数据的准确性；
   2） 终止码，可用于明确显示该次信息传递结束，即相应的该次信息交互结束。

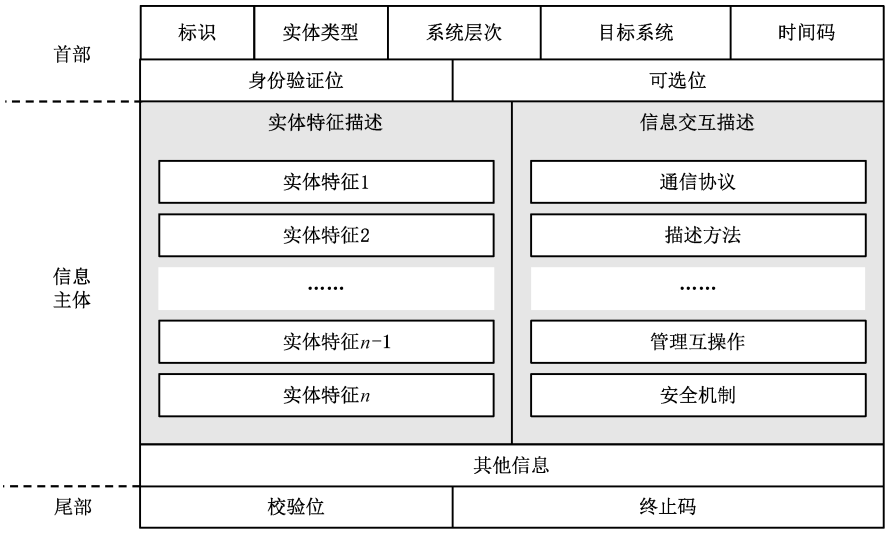

图 A.1 数字孪生信息交互的基本信息结构

资料整理
火龙果科技 荐

附 录 B
（规范性）
数字孪生信息交互的信息接口

数字孪生系统中，用于信息交互的数据接口包括物理接口和逻辑接口。

a） 物理接口：

1） 应具备各种感知元器件的通用接口；
2） 应具备对信息系统访问的协议接口；
3） 应具备多种信息的信道复用传输；
4） 应具备多种通信方式，如有线以太网和短距离/长距离无线网络；
5） 应具备异构数据转存和协议转换；
6） 应具备通过接口快速、实时获取目标实体的资源、负载和控制信息；
7） 应具备物理器件的更换和维护。

b） 逻辑接口：

1） 应具备在多种应用层以及传输层协议上通信的能力；
2） 应具备合理自检能力，对交互的信息有校验手段；
3） 应具备不同数字实体表达信息的识别和转换能力；
4） 应具备数字实体交互信息的时间戳更新能力；
5） 应具备同体系下不同尺度数字实体的识别和组装能力；
6） 应具备数字实体交互信息的广播和读取能力。

资料整理
火龙果科技 荐

参 考 文 献

[1] GB/Z 42476—2023 公共安全 应急管理 信息交互结构

[2] GB/T 43441.2—2026 信息技术 数字孪生 第2部分:数字实体

[3] 陶飞,马昕,戚庆林,等.数字孪生连接交互理论与关键技术[J].计算机集成制造系统,2023,29(01):1-10.

资料整理
火龙果科技 荐