

《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准

编制说明

《数字孪生系统 可信性测评方法》

团体标准起草工作组

二〇二五年七月

《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准编制说明

一、编制目的

本标准的目标是形成一套针对数字孪生系统的规范化可信性测评方法。重点针对数字孪生系统日益复杂的应用场景和日趋关键的应用需求，建立可用于评价数字孪生系统在实现其预定功能过程中涉及的各项相关能力的多层级测评指标体系，形成贯穿装备设计、开发、部署、应用和运维等全生命周期的数字孪生系统标准化测评方法和流程，为数字孪生系统的可信性测评提供多维度、综合性的分析手段，实现数字孪生系统“可度量、可验证、可追溯”的全过程质量管控，从而推动数字孪生技术在实际应用中的成熟与普及，加速其从实验室向产业化落地的转化进程。

二、任务来源

根据中仿发字[2025]第04号文件“关于《数字孪生 模型可信性测评方法》团体标准立项的通知”，针对数字孪生系统在工业制造、国防安全等领域规模化应用中暴露出的质量评价体系缺失、可信性测评方法不统一等问题，根据《中国仿真学会团体标准管理办法》有关规定，经评审专家审议，决定批准《数字孪生 模型可信性测评方法》团体标准立项。由北京航空航天大学 and 机械工业仪器仪表综合技术经济研究所共同承担《数字孪生系统 可信性测评方法》标准的编制工作。

三、起草单位与主要起草人

本标准负责起草单位：北京航空航天大学、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所等。

本标准主要起草人：钱诚（北京航空航天大学，副研究员）、王成城（机械工业仪器仪表综合技术经济研究所，高级工程师）、任羿（北京航空航天大学，研究员）。

四、意义和必要性

1. 关键领域应用升级催生可信性指标体系构建需求：

近年来，随着数字孪生技术的不断发展和成熟，数字孪生系统逐渐从实验室原型验证向高端装备制造、大型复杂工业系统、以及国防安全系统等关键领域规模化渗透。伴随着应用领域的深入，其对数字孪生系统的虚实交互实时性、运行稳定性及输出精度等核心性能提出了更严苛的要求。在这种情况下，对数字孪生系统的性能进行全方位测评是确保其满足应用需求的关键，测评结果的准确性和客观性直接关系到数字孪生系统在故障预警、决策辅助等场景下的应用效能，任何偏差均可能导致运维误判，进而引发连锁性的工程风险。然而，当前数字孪生系统开发存在“重功能开发、轻质量评估”的普遍倾向，测评方法多依赖于碎片化的检测手段及主观性的性能评价，缺乏全要素整合、多维度协同的标准化测评框架，以科学准确的对数字孪生系统的性能开展综合测评。为解决这一问题，本标准针对数字孪生系统在实现其预定功能过程所需具备的精确输出能力、快速响应能力、容错泛化能力、维护保障能力、以及拓展适应能力，形成包含13项测评指标的多层级指标体系，通过定性与定量结合的方式，科学、客观的为数字孪生系统的测评提供多维度、综合性的分析手段，从而提升测评结果的准确性和全面性。

2. 复杂应用场景驱动可信性测评向动态化转型：

随着数字孪生技术应用领域的逐渐深入，其建模对象已从单一零部件级向复杂系统级转变，致使目标实体的精密和复杂程度逐渐提升，并导致数字孪生系统接入设备的规模实现跨量级跃迁。与此同时，目标实体的服役环境也从单一常规条件向多物理场耦合场景演进，多重因素的叠加共同导致数字孪生系统的复杂度呈指数级增长。此外，多元化的应用场景进一步激发了对不同功能的数字孪生系统的需求。在此背景下，亟需建立系统化、精细化、动态化的可信性测评指标体系和测评方法，以适应数字孪生系统复杂性、多元性带来的技术挑战。基于此，本标准对不同功能的数字孪生系统开展等级划分，并进一步针对不同等级下的数字孪生系统选择适配的测评指标开展测评，从而完成从基础功能验证到动态能力综合评估的递进式可信性测评，以满足数字孪生系统复杂动态变化的应用场景和持续扩展的应用需求。

五、标准制订依据和原则

（一）标准制订依据

本标准以GB/T 43441.1-2023《信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求》和GB/T 45626-2025《信息技术 装备数字孪生系统 通用要求》等国家标准为主要技术依据，同时参照了GB/T 40571-2021《智能服务预测性维护 通用要求》、GB/T 41723-2022《自动化系统与集成 复杂产品数字孪生体系架构》、GB/Z 44267-2024《自动化系统与集成 工业数据 数字孪生的可视化元素》、T/CPUMT 036-2025《工业数字孪生应用成熟度模型与评估方法》、T/CPUMT 031-2025《工业数字孪生总

体框架》、T/CIA 041-2023《数字孪生模型评估规范》等国家和团体标准。

（二）标准制订原则

1. 科学性原则：本标准基于数字孪生领域的最新研究成果与数字孪生系统特点，构建涵盖数字孪生系统精确输出的能力、快速响应的能力、容错和泛化的能力、维护和保障的能力、以及拓展和适应的能力的多层级指标体系，通过定性描述与定量计算相结合的方式，实现数字孪生系统从基础功能验证到动态能力评估的多方面性能综合测评，指标体系构建具备可解释性、泛化性、科学性。进一步，提出数字孪生系统的标准化测评方法，进而形成“测评-反馈-优化”的闭环流程，符合系统工程的“V模型”方法论，有效保障了标准内容的科学性。

2. 实用性原则：本标准适用于政府机构、工业企业、技术开发商及系统运维单位等多方主体，覆盖装备设计、开发、部署、应用和运维等全生命周期的数字孪生系统。该标准支持对不同等级下的数字孪生系统进行系统标准化的测评和界定，可满足数字孪生系统复杂动态变化的应用场景和持续扩展的应用需求，进而推动数字孪生系统在精度提升、虚实交互等关键性能上的持续优化。

3. 协调性原则：内容上与国家及行业现行政策、法规、规划、标准中的规定和要求相一致和相协调。在标准分类内容方面，该标准与我国现行法律法规和强制性国家标准协调一致、配套使用，相互支撑。

4. 规范性原则：严格按照 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》的要求和规定编写本标准的内

容，保证标准的编写质量及标准形式和内容的规范性。

六、主要工作过程

1. 开展立项评审会，完成标准立项。

2025年2月21日，《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准立项评审会在线上召开，会议由北京航空航天大学 and 机械工业仪器仪表综合技术经济研究所联合主办。由李革、王金江等专家领衔的专家团队担任立项评审组，标准起草小组共计10名成员参会。会议就标准立项的目的和意义，标准的总体框架、编制重心、以及应用价值等方面开展讨论，并形成包含15项改进建议的专家意见书，以确保《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准的顺利编写和完成。会后，标准起草小组就会议中各位专家提出的建议和意见进行系统梳理、分析和研究，并逐条完成响应和修改。

2. 成立标准起草组，开展前期调研

为保证标准编制工作的顺利推进、进而提高标准的科学性和实用性，于2025年2月25日，由北京航空航天大学 and 机械工业仪器仪表综合技术经济研究所牵头，组织领域权威学者、技术专家、标准化专家、产业实践专家等共同组建了标准起草小组，负责系统推进整个标准的编制工作。通过制订工作方案，标准起草小组初步明确了标准名称、目标定位、工作思路、责任分工和工作进度安排等关键要素。同时，标准起草小组对数字孪生领域的相关概念和主流技术进行了深入的研究，充分对国内外现有的数字孪生可信性评价方法、数字孪生可信性评价指标体系和数字孪生可信性测试方法开展了深度调研，广泛搜集

了国内与数字孪生相关的国家标准和团体标准，以确保起草的《数字孪生系统 可信性测评方法》的团体标准可适应现行的法律法规以及业界的最新发展动态。

3. 开展内部研讨会，形成标准草案

基于前期的调研和成果，标准起草小组组织了多轮内部研讨会，联合领域权威专家和典型应用企业代表，对《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准的框架设计、工作重点、核心内容、编制原则等方面进行了专项研讨，最终就测评指标体系、测评方法、实施流程等核心要素达成规范性共识。会后，标准起草小组根据会议形成的建议和意见进行分析和研究，对标准草案进行迭代、修改和完善。在标准起草过程中，严格遵循国家法律和法规撰写内容，并根据数字孪生系统的自身特点以及国内外前沿研究基础，构建科学的可信性指标体系、测评要求、方法和流程，确保了标准内容的科学性、实用性和可行性。进一步，依据相关标准，确保标准的编写质量，保证标准形式和内容的规范性。最终于2025年5月30日，形成经标准草案小组内部初步审查通过后的《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准初稿。

4. 组织专家评审会，形成征求意见稿

2025年6月11日，《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准初稿专家评审会在线上召开，会议由北京航空航天大学 and 机械工业仪器仪表综合技术经济研究所联合主办。由李革、王金江等专家领衔的专家团队担任评审组，标准主编单位、参编单位共计12名成员参会。会议聚焦标准草案的技术完备性论证，围绕数字孪生相关概念、术语和

定义、可信性指标体系构建、可信性测评方法以及主要测评流程等核心议题开展多轮讨论，进而形成包含24项修订建议的专家意见书，以确保《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准的科学性、实用性、协调性和规范性。会后，标准起草小组就会议中各位专家提出的建议和意见进行系统梳理、分析和研究，并逐条响应修改，同时再次开展标准草案文本和格式的合规性检验。在反复论证的基础上，最终形成《数字孪生系统 可信性测评方法》（征求意见稿），报中国仿真学会审批。

七、相关技术内容说明

1. 适用范围

本标准规定了数字孪生系统的可信性测评的总则、分级测评指标体系、指标测试方法、可信性评估方法和测评流程。本标准适用于装备设计、开发、部署、应用和运维阶段的数字孪生系统。

2. 规范性引用文件

通过对GB/T 43441.1-2023《信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求》和GB/T 45626-2025《信息技术 装备数字孪生系统 通用要求》标准内容的规范性引用构成本标准必不可少的条款。

3. 术语和定义

借鉴GB/T 43441.1-2023《信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求》和GB/T 45626-2025《信息技术 装备数字孪生系统 通用要求》标准中相关的术语定义，提出装备、实体、物理实体、目标实体、数字实体、数字孪生系统、数字孪生系统等级、数字孪生系统可信性的术语及定

义。相关条款描述符合GB/T 1.1的相关规定。

4. 总则

依据数字孪生系统在功能上的差异性，将数字孪生系统划分为三个不同等级，其与目前常用的六级成熟度架构的关系如表1所示。

表1 数字孪生系统等级与成熟度间的关系

数字孪生系统等级	六级成熟度架构
一级数字孪生系统	以虚仿实（L0）
	以虚映实（L1）
二级数字孪生系统	以虚控实（L2）
	以虚预实（L3）
三级数字孪生系统	以虚优实（L4）
	虚实共生（L5）

进一步的，明确数字孪生系统可信性的基本构成，可信性测评的基本原则和测评时机，从而为后续的数字孪生系统测评指标体系的设立和测评方法及流程的完善提供指导性框架。

5. 分级测评指标体系

数字孪生系统可信性测评指标体系主要用于测评数字孪生系统精确输出的能力、快速响应的能力、容错和泛化的能力、维护和保障的能力、以及拓展和适应的能力。具体包括13项测评指标，分别为：平均精度、最低精度、响应时间、丢包率、误码率、数据一致性、泛化度、数据保存时间、日志追溯时间、追溯能力、文档完备性、负载可扩展性以及功能可扩展性。

6 指标测试方法

基于构建的分级测评指标体系，本标准通过定性描述与定量计算相结合的方式，分别形成各指标对应的测试方法，实现数字孪生系统从基础功能验证到动态能力评估的多方面性能综合测试。

7、可信性评估方法

针对给定的数字孪生系统，确定其等级，并基于该数字孪生系统的各项指标的测试结果，对数字孪生系统可信性进行综合评估。

8. 测评流程

本标准规定数字孪生系统可信性测评标准化流程，具体包括：测评基本要求确定、测评实施、形成测评结果、测评报告编制和文档管理。

八、标准中涉及专利的情况

不涉及。

九、采用国际标准和国外先进标准的程度

无。

十、与我国有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准属于团体标准，满足《中华人民共和国标准化法》和《团体标准管理规定》的相关要求，符合现行法律法规和上级标准的规定，符合安全性要求及有关强制性标准要求。

十一、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

十二、 标准性质的建议说明

本标准 of 团体标准，供社会各界自愿使用。

十三、 贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准在审定、报批后尽快颁布，并及时组织宣贯和实施。
因本标准首次制订发布，但执行难度适中，建议本标准发布即实施。

十四、 废止现行有关标准的建议

本标准不涉及对现行标准的废止。

十五、 其他说明

本标准严格按照 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》给出的规则进行起草。

经过标准工作组讨论，申请将本标准名称由《数字孪生模型 可信性测评方法》改为《数字孪生系统 可信性测评方法》，并通过专家评审。

《数字孪生系统 可信性测评方法》团体标准起草组
二〇二五年七月