

团体标准

T/CMES XXXX—2026

数字试验验证 第3部分：通用流程

Digital Experiment and Validation- Part 3: General Process
(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

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 通用流程 2

5 需求分析 2

6 试验验证方案制定 2

7 试验验证对象场景构建 3

 7.1 总则 3

 7.2 数字模型构建方法 3

 7.3 对象场景数实融合方法 4

8 数字试验验证执行 4

9 结果评价 4

参考文献 6

图 1 数字试验验证通用流程图 2

图 2 数字试验验证执行流程图 4

图 3 结果分析与评估流程 5

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 T/CMES XXXX《数字试验验证》的第3部分。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。中国机械工程学会不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工程学会提出。

本文件由中国机械工程学会工业大数据与智能系统分会/工作组归口管理。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

。

中国机械工程学会标准征求意见稿

引 言

试验验证是用于明晰产品或系统属性、功能、特征的系统性方法，应用于产品或系统全生命周期各阶段，为推动新理论、新技术、新产业的加速涌现提供了强大动力。传统的试验验证方法多以纯物理形式开展，高度依赖物理空间中的真实对象、环境、设备和工具，虽然物理试验验证结果准确，但实施过程耗时长、成本高、且难以覆盖全工况场景。随着基础科学理论的创新突破、高精度物理设备的研发、测量与控制方法的不断进步，数字试验验证成为了试验验证发展必然趋势。标准化工作是助推数字试验验证技术创新发展、引领产业数字化转型升级的核心抓手。制定数字试验验证系列标准，旨在指导数字试验验证相关技术的实施与应用。

T/CMES 提供了数字试验验证实施的一系列基本要求，由六个部分构成：

——第 1 部分：参考架构，目的是明确数字试验验证实施所需的物理空间要素、数字空间要素和要素间的关联关系及交互机制；

——第 2 部分：成熟度模型，目的是明确数字试验验证的数字化程度等级，并确立不同数字化程度下数字试验验证的模式和量化计算方式；

——第 3 部分：通用流程，目的是明确数字试验验证的实施流程，并规范实施流程中需遵循的原则和相关规定；

——第 4 部分：数字模型构建，目的是规范数字试验场景模型、数字试验对象模型、数字试验任务模型构建过程中需遵循的原则和相关规定；

——第 5 部分：数实融合实施，目的是规范数字试验验证实施过程中数实融合实施需遵循的原则和相关规定；

——第 6 部分：结果评价，目的是规范数字试验验证实施过程中试验验证结果评价的方法与基本要求。

本文件规范了数字试验验证的实施流程和每个流程需遵循的具体要求，通过本文件的制定，明确了数字试验验证的实施流程，为数字试验验证的实施提供参考。

数字试验验证 第3部分：通用流程

1 范围

本文件规定了数字试验验证的实施流程和每个流程需遵循的具体要求。
本文件适用于数字试验验证的设计、实施和结果评价。

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。

T/CMES XXXX—2025 数字试验验证 第1部分：参考架构

3 术语和定义

T/CMES XXXX—2025 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数字试验验证 digital experiment and validation

数字试验验证的主体，通常是一个完整产品、系统、方案，或者具有产品或系统的全部或部分属性、功能和性能特征的组成部分。

[来源：T/CMES XXXX—2025，3.1]

3.2

试验验证对象 object for experiment and validation

数字试验验证的主体，通常是一个完整产品、系统、方案，或者具有产品或系统的全部或部分属性、功能和性能特征的组成部分。

[来源：T/CMES XXXX—2025，3.2]

3.3

试验验证场景 scenario for experiment and validation

试验验证对象进行试验验证的真实或数字环境。

[来源：T/CMES XXXX—2025，3.3]

3.4

试验验证任务 task for experiment and validation

实施试验验证的总体目标。
[来源：T/CMES XXXX—2025，3.4]

4 通用流程

数字试验验证的实施应着重于利用数字化技术完成试验验证任务，并提供高可信的试验验证结果。

数字试验验证的通用流程包括需求分析、试验验证方案制定、试验验证对象场景构建、数字试验验证执行、结果评价等步骤，见图 1。数字试验验证的数据传输也应遵循该流程。

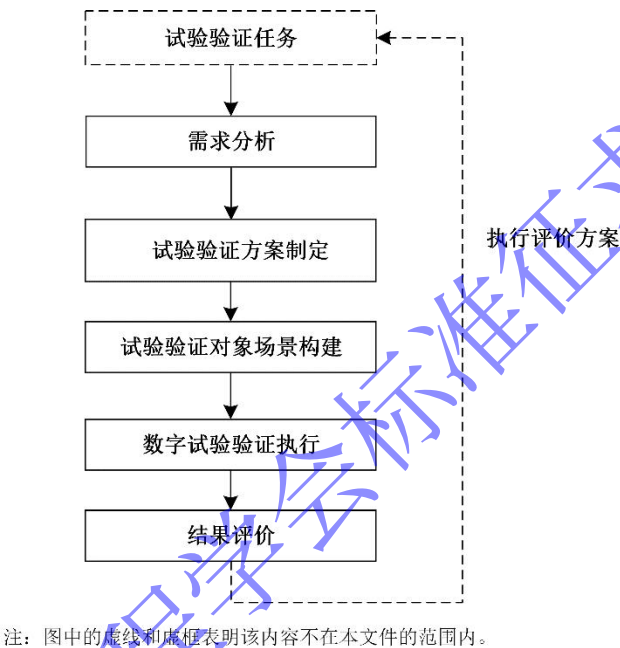


图 1 数字试验验证通用流程图

5 需求分析

在数字试验验证实施前，应根据试验验证任务，具体分析数字试验验证设计和实施过程中涉及的各项需求，形成数字试验验证需求文档。

应至少分析以下数字试验验证需求：

- 数字试验验证实施所需要的要素，包括试验验证对象、试验验证场景、试验验证仪器设备、技术、耗材等；
- 数字试验验证可测性，即数字试验验证实施要素能够完成试验验证任务；
- 数字试验验证执行过程中涉及的风险因素。

6 试验验证方案制定

根据 5 中确定的数字试验验证需求，结合可提供的试验验证对象、场景、仪器设备和技术资源，优选并制定可执行的数字试验验证方案。

数字试验验证方案应包括但不限于以下内容：

- 数字试验验证实施的组件；
- 数字试验验证评价指标、评价参数和评价方法；
- 数字试验验证的执行流程；
- 数字试验验证用例；
- 风险评估。

数字试验验证的方案制定应遵循以下步骤：

- 步骤 1，分配在物理空间和数字空间执行的试验验证内容；
- 步骤 2，根据已有的试验验证对象、场景、仪器设备和技术资源，筛选可采用的物理实体对象、物理场景搭建方法和工具、数字对象构建方法和工具、数字场景构建方法和工具、试验验证过程仿真分析方法和工具；
- 步骤 3，评估上述可行资源的经济性、安全性，从中优选出一套最佳可实施方案；
- 步骤 4，分析并确定数字试验验证的参数设置、资源分配和数字试验验证实施计划；
- 步骤 5，根据数字试验验证执行过程中涉及的风险因素，对试验验证方案进行风险评估，并制定应急方案；
- 步骤 6，形成试验验证大纲。

7 试验验证对象场景构建

7.1 总则

对象场景构建是开展数字试验验证的关键。通过在数字空间构建试验验证所需的数字对象和数字场景来替代或补充物理实体对象或物理场景。

7.2 数字模型构建方法

7.2.1 数字对象构建方法

试验验证的数字对象构建应针对试验验证任务，基于试验验证对象特征选取数字模型构建方法。针对机理清晰的试验验证对象，通常可采用机理驱动模型构建方法；针对机理不清晰的试验验证对象，采用数据驱动模型构建方法，为数字试验验证的实施提供可应用数字对象。

数字对象构建流程应符合 20240840-T-469（信息技术 数字孪生 第 2 部分：数字实体）的规定，按照单元级模型构建、复杂模型组装、模型验证和模型修正步骤构建数字对象。

7.2.2 数字场景构建方法

试验验证的数字场景构建应根据试验验证任务所需的试验验证场景，构建试验验证场景的数字模型。针对多样性、边界性的试验验证需求，通常采用机理驱动的建模方法；针对重构性、加速性的试验验证需求，通常采用数据驱动的建模方法。

7.2.3 数字模型性能要求

为保证数字试验验证的结果可信，所构建的数字对象和数字场景应具备以下性能特征：

- 能完整描述试验验证的物理实体对象特征和物理场景特征；
- 能与试验验证的物理实体对象或物理场景进行信息交互；
- 能修改数字模型的结构或参数；
- 能与物理实体对象或物理场景联动调试。

7.3 对象场景数实融合方法

基于 7.2 构建的数字对象和数字场景，根据试验验证任务，通过传感器、物理效应器等方式连接并组装试验验证对象和试验验证场景，实现数字模型与物理实体的联动。

8 数字试验验证执行

数字试验执行流程主要包括试验验证初始化、参数设定、试验验证执行和采集试验验证数据。在该阶段应执行数字试验验证过程，并获取数字试验验证的全执行过程数据。

试验验证执行流程如图 3 描述，其中仅包括了试验验证执行必需流程：

- 试验验证初始化，对数字试验验证所需物理实体对象、物理环境、物理设备和工具、数字对象和数字场景进行初始设置；
- 参数设定，根据试验验证任务内容对试验验证对象和试验验证场景进行参数设置；
- 试验验证执行，根据试验验证方案，在数字空间和物理空间执行试验验证步骤；
- 采集试验验证数据，获得物理空间和数字空间执行的全过程试验验证数据，包括数字试验验证的仿真推演数据、物理设备的运行数据、物理传感器采集的测量数据等。

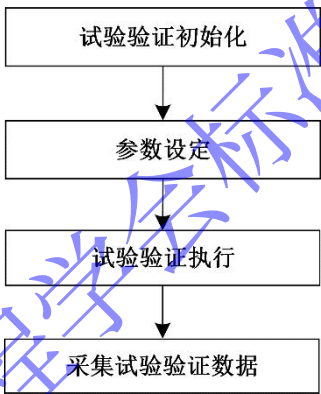


图2 数字试验验证执行流程图

9 结果评价

数字试验验证结果评价主要包括数据处理、试验验证结果分析和试验验证报告。在该阶段应对试验验证执行过程采集的数据进行分析与处理，并形成试验验证报告。

结果评价流程如图 4 描述，其中仅包括了试验验证结果评价必需流程：

- 数据处理，对试验验证实体对象运行数据、数字模型仿真推演数据和数实融合数据等进行处理，通过数据清洗去掉错误、无效、重复数据，提取关键试验验证数据；
- 试验验证结果分析，基于关键试验验证数据，对数字模型的置信度进行评估。如置信度不满足试验验证准确性要求，则需对所构建的数字模型进行校验；如满足需求，则进一步根据试验验证任务所确定的评价指标，分析试验验证内容，形成试验验证结果；
- 试验验证报告，整理试验验证结果，形成数字试验验证报告。

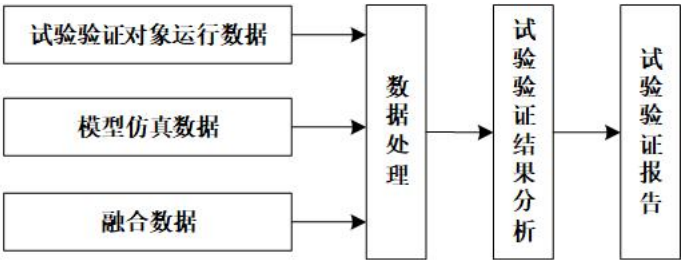


图 3 结果评价流程

中国机械工程学学会标准征求意见稿

参 考 文 献

[1] 陶飞,高鹏飞,张辰源,等.数字试验测试验证:理论、关键技术及应用探索[J].机械工程学
报,2024,60(15):227-254.

中国机械工程学会标准征求意见稿