

团 体 标 准

T/CMES XXXX—2026

数字试验验证 第4部分：数字模型构建

Digital Experiment and Validation-Part 4: Requirements for
Modeling
(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 模型构建通用流程 2

5 试验验证对象模型构建要求 2

 5.1 试验验证对象模型一般构成 2

 5.2 试验验证对象模型构建方法 3

 5.3 试验验证对象模型要求 3

6 试验验证场景模型构建要求 3

 6.1 试验验证场景模型一般构成 3

 6.2 试验验证场景模型构建方法 3

 6.3 试验验证场景模型要求 4

7 试验验证任务模型构建要求 4

 7.1 试验验证任务模型一般构成 4

 7.2 试验验证任务模型构建方法 4

 7.3 试验验证任务模型要求 4

图 1 模型构建通用流程图 2

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4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模型构建的通用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模型构建方法，为数字试验验证的实施提供参考。

数字试验验证 第4部分：数字模型构建

1 范围

本文件规定了数字试验验证模型的构建通用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—2026 数字试验验证 第1部分：参考架构

3 术语和定义

T/CMES XXXX—2026 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

在数字空间设计并开展全部或部分试验验证的过程。

[来源：T/CMES XXXX—2026，3.1]

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—2026，3.2]

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—2026，3.4]

3.5

数字试验验证对象模型 object model of digital experiment and validation
对数字试验验证对象的数字化描述。

3.6

数字试验验证场景模型 scenario model of digital experiment and validation
对数字试验验证场景的数字化描述。

3.7

数字试验验证任务模型 task model of digital experiment and validation
对数字试验验证任务的数字化描述。

4 模型构建通用流程

根据数字试验验证的参考架构组成，数字试验验证实施过程中涉及的数字模型包括数字试验验证对象模型、数字试验验证场景模型和数字试验验证任务模型三类模型。

数字模型构建流程见图 1，应按照单元级模型构建、模型组装、模型验证和模型修正步骤构建数字模型：

- 单元级模型构建步骤通过几何建模、机理建模、机器学习等方式搭建几何模型、物理模型、行为模型等子模型；
- 模型组装步骤将按照子模型间的交互或耦合规律，将子模型组合为一个整体；
- 模型验证步骤将根据仿真测试或实物测试结果，验证模型性能是否符合数字试验验证需求，如不符合需求，则执行模型修正步骤；
- 模型修正步骤将根据仿真测试或实物测试过程获得的数据，更新模型结果或参数，直至模型性能符合数字试验验证需求。

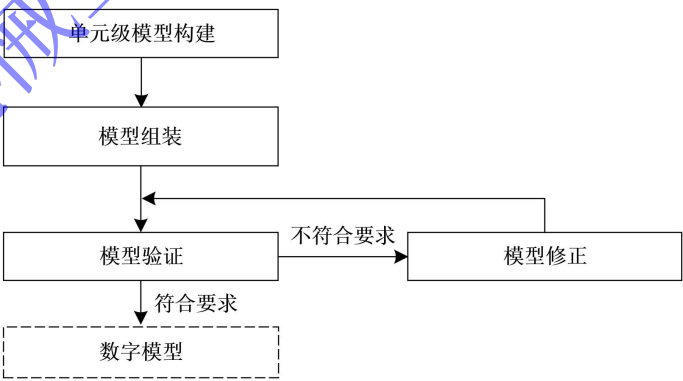


图 1 模型构建通用流程图

5 试验验证对象模型构建要求

5.1 试验验证对象模型一般构成

试验验证对象模型用于描述试验验证对象的几何、物理、行为等特征，一般由几何模型、物理模型、行为模型、规则模型中的一种或几种模型组成。

几何模型能够描述试验验证对象的几何属性，如长度、宽度、颜色等，可采用二维图纸、三维可视化模型等形式。

物理模型能够描述试验验证对象的物理特征，可采用一维仿真模型、三维仿真模型、代理模型、场代理模型、实时模型、专业分析算法、逻辑视图等形式。

行为模型能够描述试验验证对象的行为响应特征，可采用一维仿真模型、三维仿真模型、代理模型、场代理模型、分析算法、实时模型等形式。

规则模型能够描述试验验证对象在多次执行试验验证任务中的规律特征，可采用分析算法、逻辑视图、结构化文本等形式。

5.2 试验验证对象模型构建方法

试验验证对象模型应针对试验验证任务需求，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的数字模型构建方法；针对机理不清晰的试验验证对象，采用数据驱动的数字模型构建方法，为数字试验验证的实施提供可应用数字对象。

5.3 试验验证对象模型要求

试验验证对象模型应满足但不限于以下要求：

- 试验验证对象模型描述数字试验验证对象的全部或部分特征，能够满足数字试验验证任务需要；
- 试验验证对象模型能够完整反映试验验证对象组成要素间关联关系和交互机制；
- 试验验证对象模型与物理试验验证对象具有映射关系，但试验验证对象模型可根据试验验证任务进行简化，无需与物理试验验证对象完全映射；
- 包含物理试验验证对象到试验验证对象模型的全部映射信息；
- 试验验证对象模型参数可根据试验验证任务进行调整，但参数调整不影响试验验证对象模型的准确度；
- 试验验证对象模型具有稳定性、完备性和可复用性。

6 试验验证场景模型构建要求

6.1 试验验证场景模型一般构成

试验验证场景模型用于描述试验验证场景的几何和物理特征，一般为几何模型和物理模型中的一种或二者组合而成。

几何模型能够描述试验验证场景的几何属性，如试验验证场景布局、场景环境大小等，可采用二维图纸、三维可视化模型等形式。

物理模型能够描述试验验证场景的物理特征，可采用一维仿真模型、三维仿真模型、代理模型、场代理模型、实时模型、专业分析算法、逻辑视图等形式。

6.2 试验验证场景模型构建方法

试验验证场景模型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。

6.3 试验验证场景模型要求

试验验证场景模型应满足但不限于以下要求：

——试验验证场景模型描述数字试验验证场景的全部或部分特征，能够满足数字试验验证任务需要；

——试验验证场景模型与物理试验验证场景或产品真实运行环境具有映射关系，但试验验证场景模型可根据试验验证任务进行简化，无需与物理试验验证场景或真实运行环境完全映射；

——包含物理试验验证场景或真实运行环境到试验验证场景模型的全部映射信息。

——试验验证环境模型参数可根据试验验证任务进行调整，但参数调整不影响试验验证环境模型的准确度；

——数字试验验证环境模型具有稳定性、完备性和可复用性。

7 试验验证任务模型构建要求

7.1 试验验证任务模型一般构成

试验验证任务模型用于描述试验验证需执行的任务及其逻辑关系，通常用逻辑关系表征。

7.2 试验验证任务模型构建方法

试验验证任务模型可采用逻辑视图、分析算法、结构化文本等形式，具体可根据试验目的确定。通过试验验证任务模型可确定试验验证对象的具体要求和相关试验验证场景。

7.3 试验验证任务模型要求

试验验证任务模型应满足但不限于以下要求：

——试验验证任务模型能够完整描述数字试验验证的任务目标；

——涵盖试验验证指标构成、指标测算方法等试验验证任务的设计要求。

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