

《基于语义特征的三维模型部件构建与编辑技术规范》

征求意见稿 编制说明

标准起草工作组
二〇二六年七月

一、工作简况

1 任务来源

随着工业软件的快速演进，实现计算机辅助设计（CAD）与计算机辅助工程（CAE）的无缝衔接已成为复杂产品研发的关键技术瓶颈。当前主流的三维模型数据格式普遍存在高层工程语义缺失、内部拓扑表达不足、离散网格修改困难等突出问题。为突破传统表示方法的固有局限，填补国内在语义特征驱动的三维模型生成与编辑技术领域标准规范的空白。另外本文件也来源于国家重点研发计划项目“CAD/CAE一体化物理仿真引擎”与“三维CAD基础几何引擎”的相关任务要求。最终由北京大学联合相关高校、企业及软件厂商提出本团体标准项目。本文件由中国图学学会归口，标准起草工作组负责起草。

2 主要工作过程

（1）调研阶段

2024年9月至2026年4月，标准起草工作组针对国内外三维CAD/CAE工业软件研发、三维几何建模平台建设以及基于模型的系统工程等领域的技术现状进行了广泛调研。重点分析了现有基于边界表示法（B-Rep）在语义特征表示方面的局限性、以及STEP等中性数据交换格式在跨平台流转与多学科协同过程中存在的数据断层问题，结合生成式人工智能技术在三维设计领域的应用需求，明确了建立基于语义特征框架（SFF）的新型三维模型数据表示与编辑规范的主要研究内容与框架。

（2）起草阶段

在前期调研的基础上，标准起草工作组围绕语义特征框架的总体架构、语义特征分类与表达规范、部件生成技术规范、部件编辑技术规范以及存储规范等核心内容展开了深入研究。工作组确立了包含全局语义、特征组件与特征关系三个层次的多层次架构，并形成了相应的标准草案。

（3）标准内容研讨和完善阶段

标准起草工作组召开了多次标准研讨会，对标准草案进行了充分讨论。重点针对语义特征的分类体系（几何语义、拓扑语义、离散语义）、特征组件的轻量化组合机制、语义特征依赖图（SFDG）的构建以及部件编辑中的撤销/重做与分支管理等关键技术与各方专家进行论证。整理各方意见后，完善了标准文本及相关材料，形成了《基于语义特征的三维模型部件构建与编辑技术规范》征求意见稿。

（4）征求意见阶段（当前阶段）

目前标准已形成征求意见稿。标准起草工作组现组织全体委员及有代表性的标准利益方对该标准“征求意见稿”及编制说明进行公开征集意见。后续将根据征集到的意见和建议，对标准进行修改完善，形成标准“送审稿”。

3 主要参加单位和工作成员及其所做的工作

本标准主要起草单位包括：北京大学、中国船舶集团海舟系统技术有限公司、北京云境智仿信息技术有限公司、北京微视威信息科技有限公司、清华大学、北京航空航天大学、湖南大学等。

本标准主要起草人包括：朱飞、盖孟、汪国平、张举、姜凯瑞、张孝铖、潘佳骐、许嘉城、赵泽民、王建民、宁涛、王琥、陈彦如、李胜、夏勇峰、朱煜、逢博、汪汝一、张桐源等。

所做的工作：相关国内外标准及文献的调研与整理，基于语义特征的三维模型构建与编辑技术的理论研究，标准文本的起草与修改，以及组织召开标准研讨会等。

二、标准制定原则和主要内容

1 制定原则

工作组根据该标准的具体情况制定了标准制定的基本原则：

- 1) 保证标准的先进性、合理性及相关标准的配套性；
- 2) 保持标准的继承性与实用性；
- 3) 贯彻及引用最新版本的有关基础标准；
- 4) 按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规定制定本标准。

2 主要内容

核心内容来源和依据：本标准在起草过程中，参考了GB/T 11457—2006《信息技术 软件工程技术语》、GB/T 17304—2009《CAD通用技术规范》等现行国家标准，并吸收了当前CAD/CAE一体化及三维几何引擎领域的最新研究成果。

本文件规定了面向CAD/CAE一体化的语义特征驱动三维模型部件构建与编辑的总体架构、语义特征分类与表达规范、部件生成技术规范、部件编辑技术规范以及存储规范等核心内容。主要技术内容包括：

- (1) 系统框架：规定了包含全局语义、特征组件与特征关系三个核心维度的语义特征框架（SFF）；
- (2) 语义特征的分类与表达规范：明确了几何语义、拓扑语义、离散语义的分类体系，以及特征组件的轻量化组合机制和局部语义属性覆盖规则；
- (3) 语义特征驱动的部件生成技术规范：规定了标准生成流程、多几何内核调度机制及语义解析与参数提取规范；
- (4) 编辑技术规范：规定了参数修改、特征添加/删除、拓扑变更以及撤销与重做（含分支管理）四类特征编辑操作的要求；
- (5) 存储规范：明确了数据完备性、拓扑语义映射、属性扩展要求，以及基于框架节点的层级存储架构和跨文件引用机制。

三、主要试验（或验证）情况分析

起草工作组在标准研制过程中，结合起草单位在三维CAD/CAE工业软件研发、三维几何建模平台建设中的实际业务场景，对本文件提出的语义特征框架、参数化生成流程、局部网格重构策略以及特征历史树（FHT）的分支管理等要求进行了代码级原型验证。通过基础部件建模、参数化拉伸与缩放、组件删除与网格修补等典型示例，验证了本标准具有适用性和可操作性，能够有效支持高层设计意图与底层几何拓扑的深度解耦与动态关联。

四、标准中是否有涉及专利情况

目前本标准在制定过程中没有涉及到专利。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准的制定填补了国内在语义特征驱动的三维模型构建与编辑技术领域标准规范的空白，为相关软件系统的研发、评测与互操作提供了统一的技术准则。本文件的实施有利于促进CAD/CAE一体化技术的规范化发展，降低多学科协同设计中的数据壁垒与信息损耗，提升复杂产品研发效率；有利于推动三维模型数据结构向语义化、参数化方向演进，为生成式人工智能在工业三维设计领域的深度应用奠定数据结构基础；有利于引导产业各方在统一规范下开展技术创新与产品研发，形成良性的技术生态。

六、采用国际标准和国外先进标准情况

本标准未直接采用国际标准或国外先进标准

与现有国家标准的对比与先进性说明：

目前国内与机械产品三维建模及CAD通用技术相关的国家标准主要有GB/T 17304—2009《CAD通用技术规范》、GB/T 26099《机械产品三维建模通用规则》系列等。这些标准主要规定了三维建模的基本规则和通用要求，但未系统涵盖基于语义特征驱动的模型构建与编辑的具体技术内容，尤其在CAD/CAE数据结构统一、语义与拓扑解耦、局部网格自适应重构以及非线性编辑历史管理等方面缺乏明确指导。

本标准在现有国家标准的基础上，针对“基于语义特征的三维模型构建与编辑”提出专门的技术规范，聚焦于解决传统B-Rep表示法在跨平台流转与多学科协同过程中的信息丢失问题，具有显著的创新性和先进性。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，未与任何强制性标准产生冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐性标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）

建议本标准自发布起6个月后实施。在实施前，建议通过学术会议、行业研讨及技术培训等形式，向三维CAD/CAE工业软件研发企业、三维几何建模平台开发商及相关高校科研院所进行标准宣贯。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。