

ICS XXXX

CCS XXXX

T 团 体 标 准

T/SCGS XXXXXX—XXXX

云计算架构下三维模型的几何计算与轻量化显示的数据传输技术规范

（征求意见稿）

Technical Specification for 3D Model Data Transmission Supporting
Geometry Processing and Lightweight Visualization in Cloud
Computing Architectures

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

中国图学学会 发布

目 次

前 言 II

引 言 III

1. 范围 1

2. 规范性引用文件 1

3. 术语和定义 1

 3.1. 三维模型 3D Model1

 3.2. 精确几何数据 Exact Geometric Data 2

 3.3. 显示数据 Visualization Data 2

 3.4. 轻量化表示 Lightweight Representation 错误！未定义书签。

 3.5. 多层表达 Multi-level Representation 错误！未定义书签。

 3.6. 数据表达 Data Representation 2

 3.7. 操作请求数据 Operation Request 2

 3.8. 状态表示数据 State Representation 2

 3.9. 状态变更数据 State Update 3

 3.10. 数据单元 Data Unit 错误！未定义书签。

 3.11. 数据标识 Data Identifier 3

 3.12. 数据关联 Data Association 3

 3.13. 计算与显示分离 Separation of Computation and Visualization 错误！未定义书签。

4. 总体要求 3

 4.1. 计算与显示分离要求4

 4.2. 数据轻量化与可传输性要求 4

 4.3. 数据表达与传输的可扩展性要求 5

5. 三维模型数据表达 7

 5.1. 精确几何表达 错误！未定义书签。

 5.2. 显示数据表达 错误！未定义书签。

 5.3. 多层表达与关联关系 错误！未定义书签。

 5.4. 数据表达的组织方式 错误！未定义书签。

6. 数据传输内容与结构 14

6.1.	传输数据类型	错误！未定义书签。
6.1.1.	请求数据	错误！未定义书签。
6.1.2.	表达数据	错误！未定义书签。
6.1.3.	变更数据	错误！未定义书签。
6.1.4.	状态通知数据	错误！未定义书签。
6.2.	数据单元划分	错误！未定义书签。
6.3.	数据标识与引用	错误！未定义书签。
6.4.	数据单元内容要求	错误！未定义书签。
6.5.	报文基本组成	错误！未定义书签。
6.5.1.	报文头	错误！未定义书签。
6.5.2.	控制字	错误！未定义书签。
6.5.3.	报文体	错误！未定义书签。
6.5.4.	扩展区	错误！未定义书签。
7.	数据传输行为与约束	23
7.1.	数据交付方式	错误！未定义书签。
7.1.1.	全量交付	23
7.1.2.	增量交付	24
7.1.3.	分段交付	错误！未定义书签。
7.2.	数据更新规则	错误！未定义书签。
7.2.1.	新增	错误！未定义书签。
7.2.2.	替换	错误！未定义书签。
7.2.3.	覆盖	错误！未定义书签。
7.3.	大规模数据处理要求	错误！未定义书签。
7.3.1.	分块	错误！未定义书签。
7.3.2.	异步	25
7.3.3.	动态加载	错误！未定义书签。
7.4.	数据一致性解释要求	错误！未定义书签。
7.4.1.	状态一致性	错误！未定义书签。
7.4.2.	更新可解释性	错误！未定义书签。
7.4.3.	多层表达一致性	错误！未定义书签。

8. 扩展与兼容性 26

8.1. 扩展性要求26

8.2. 兼容性要求26

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。

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这些专利的责任。

本文件由北京大学提出。

本文件由中国图学学会归口。

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、王淼、盖孟、汪国平、张孝铖、潘佳骐、许嘉城、赵泽民、张举、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。
本文件为首次发布。

引言

随着云计算、工业软件服务化以及三维可视化技术的发展，三维模型逐渐由传统桌面软件中的本地数据对象，转变为面向多用户、多终端和多计算资源协同应用的数据对象。在云计算架构下，三维模型的创建、编辑、分析、显示和管理等过程可以由不同的软件模块或计算节点共同完成，模型数据需要在不同应用环节之间进行持续传递。

在工业设计、工程分析、数字孪生、三维可视化等应用场景中，三维模型通常同时服务于多种目的。例如，几何处理过程需要保持模型形态和拓扑信息的完整性，工程分析过程需要使用适用于有限元等分析计算的数据表示，用户交互过程则需要满足快速加载、实时显示和稳定操作的要求，不同的应用目标，对数据表示的精度要求和附属的属性数据要求都有所不同。因此，同一三维模型往往需要具有多种数据表示形式，并根据不同应用需求进行组织和传输。

传统三维模型数据交换方式通常以文件交换为主要形式，数据内容以完整模型文件或固定格式数据为基础进行传递。这种方式适用于离线数据交换，但在云计算环境下，难以满足持续交互和动态更新需求。一方面，计算处理数据与显示交互数据在精度、结构和使用目的方面存在差异，采用单一数据表示容易造成数据冗余或无法满足应用需求；另一方面，模型对象、显示数据、计算数据和属性信息之间缺少统一的关联描述机制，导致数据接收方难以确定不同数据之间的对应关系，影响模型选择、信息查询、局部更新和多阶段交互过程。此外，面向大规模模型和复杂计算任务时，传统一次性交付方式难以兼顾数据传输效率和用户交互体验。

为解决上述问题，本文件针对云计算架构下三维模型数据传输过程中的数据表达、数据组织和数据交互需求，提出面向几何处理与轻量化可视化应用的数据传输规范。该规范不限定具体通信协议、数据格式或系统实现方式，而是规定三维模型数据在不同应用环节之间传递时应具备的逻辑表达能力，包括模型对象识别、数据表示组织、对象与表示关联、数据变化描述以及渐进式数据交付等内容。

通过本文件的实施，可促进不同三维应用系统之间的数据互操作能力，支持计算表示与显示表示的协同使用，提高大型三维模型在云计算环境下的传输效率和交互性能。同时，本文件可为云CAD、云CAE、数字孪生以及其他三维模型应用系统的数据架构设计提供参考，降低不同系统之间的数据转换成本，提升三维模型数据在设计、分析、管理和交互过程中的复用能力。

云计算架构下三维模型的几何计算与轻量化显示的数据传输 技术规范

1. 范围

本文件规定了云计算架构下三维模型后台几何计算与前端轻量化显示之间的数据交互过程的相关要求，包括数据的表达形式与语义、交互方式、组织与传输方式以及数据更新与衔接关系等内容。

本文件适用于基于云计算架构的三维模型交互应用的开发与系统集成，包括云CAD/CAE系统、数字孪生平台、云三维可视化系统等相关技术领域，可作为三维模型前后端数据交互设计、数据传输机制实现以及系统解耦与扩展的技术依据。本文件不涉及三维模型内部几何表示与拓扑结构的具体定义，不涉及几何建模算法及其实现，不涉及具体通信协议及其报文格式的定义，也不涉及上层行业应用的业务逻辑实现。

2. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 5271.1 信息技术 词汇 第1部分：基本术语

GB/T 11457 信息技术 软件工程术语

GB/T 17304 CAD通用技术规范

GB/T 28174 三维模型数据要求

GB/T 36341 形状建模信息表示

3. 术语和定义

GB/T 11457-2006、GB/T 17304-2009界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1. 三维模型数据表示 3D Model Data Representation

用于描述三维模型几何、拓扑、属性、显示或其他相关信息的数据组织形式。

注：三维模型数据表示可根据应用目的分为计算表示、显示表示和其他扩展表示等不同类型。

3.2. 模型对象 Model Object

三维模型中具有独立标识和明确组成边界，可作为数据组织、关联、查询、操作或更新作用对象的模型整体或组成部分。模型对象可根据应用需要划分为模型整体、装配体、部件、零件、实体、曲面体、曲面或对象集合等不同粒度。模型对象不等于描述该对象的数据表示。同一模型对象可关联计算表示、显示表示、属性信息及其他相关信息。特征用于描述模型对象的设计意图、构造方式或工程语义，不属于本文件所称的模型对象；必要时，特征可通过关联信息与其作用或生成的模型对象建立对应关系。

3.3. 计算表示 Computational Representation

面向三维模型几何计算、工程分析或其他模型处理过程的数据表示。计算表示可包括精确几何表示、离散计算模型以及满足特定计算需求的其他数据形式。计算表示强调三维模型表示的几何精度和计算完整性。

3.4. 显示表示 Display Representation

三维模型面向可视化、交互操作和快速浏览等应用的数据表示。显示表示可采用网格、线框、点云、多层次细节模型或其他适用于显示处理的数据形式。显示表示强调三维模型对用户交互浏览下的视觉表示精度。

3.5. 模型状态 Model State

在特定时刻，由三维模型数据及其关联信息共同确定的模型描述状态。模型状态可包含模型几何、拓扑、属性等表示关系以及其他影响模型描述的信息。不同数据表示可以对应同一模型状态的不同描述形式。

3.6. 数据单元 Data Unit

作为三维模型数据组织和传输基本对象的、具有独立标识和明确语义的数据集合。数据单元可表示完整模型状态、局部模型状态、状态变化或其他模型相关信息。

3.7. 语义关联 Semantic Association

描述三维模型对象与其对应数据表示之间，以及不同模型数据表示之间可识别对应关系的信息。

3.8. 操作请求数据 Operation Request

由前端发送至后端的结构化数据，用于描述用户操作意图或计算请求。

3.9. 状态表示数据 State Representation

用于描述某一时刻三维模型整体或局部状态的数据集合，可用于模型初始化、恢复或同步。

3.10. 状态变更数据 State Update

用于描述三维模型状态变化的数据单元，通常以增量形式表达对已有状态的修改。

3.11. 增量交付 Incremental Delivery

相对于数据接收方已有模型状态，仅提供发生变化的数据内容的数据交付方式。

3.12. 分阶段交付 Progressive Delivery

不同数据表达之间建立的对应关系，用于描述同一对象在不同表示层级之间的映射。

4. 总体要求

云计算架构下三维模型后台几何计算与前端轻量化显示之间的数据交互过程，应满足面向交互应用的基本要求。数据在前后端之间的表达、交互及传输，应具备明确的语义、合理的组织方式及可扩展的传输机制，以适应不同规模与复杂度的三维模型交互应用需求。

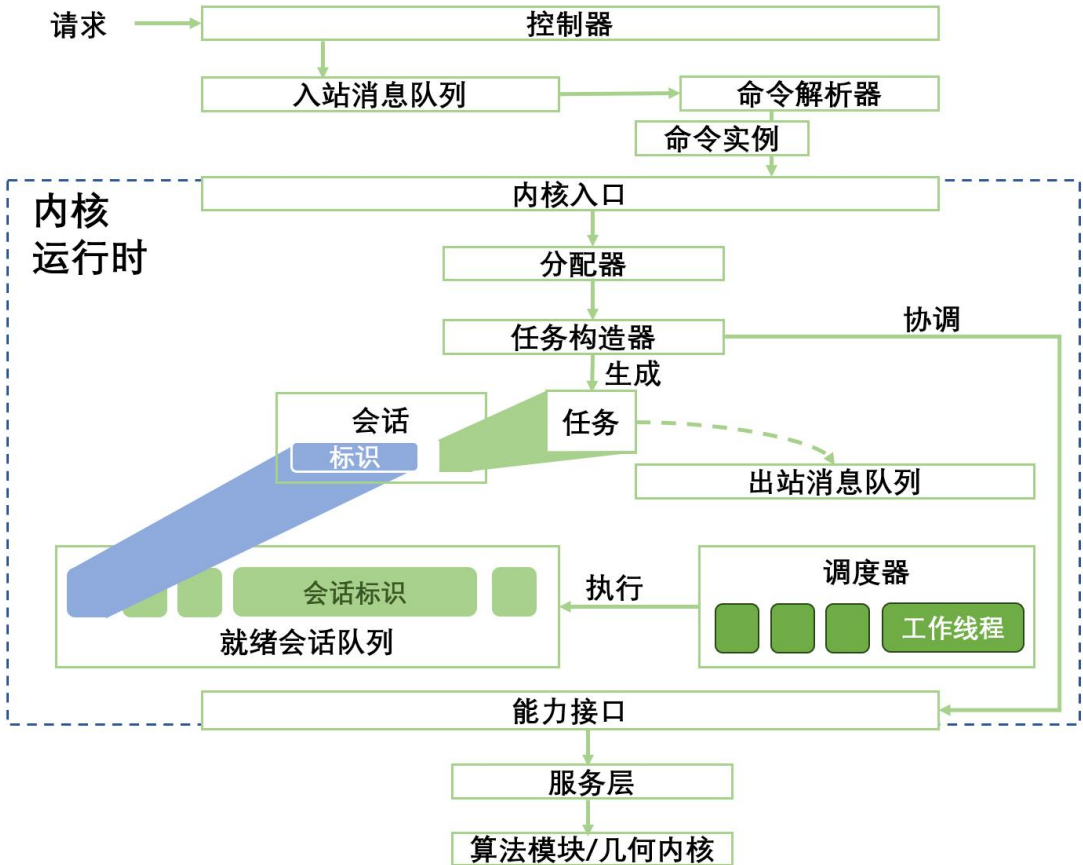


图 1 云计算架构下三维模型交互系统分层架构示意图

本图用于说明云CAD/CAE场景中前端请求、内核运行时和算法服务之间的基本协同关系，解释了为什么数据传输需要同时表达操作请求、状态表示、状态变更和阶段反馈等多类语义。

4.1. 计算与显示分离要求

在云计算架构下，为减轻前端显示的计算负荷，以及网络传输负载，三维模型的后台几何计算与前端交互显示应相互分离。后台系统应负责模型的几何计算与相关处理，前端显示系统应负责模型数据的显示与交互。前后端之间的交互应通过数据交换实现，前端不应依赖后台几何计算的内部数据结构与实现方式，后台也不应依赖前端显示实现。如图 2 所示，在后台的各种几何计算或者仿真计算中，需要模型的精确表示，在前端的交互浏览显示中，不仅可以只显示表面网格，而且可以以tessellation方式粗略显示模型表面，尽量减少显示表面的三角面片数量，剔除三维模型的内部表示面片，显示算法能够对模型表面进行Gouraud着色显示或者Phong着色显示，以提升模型的显示效率，尤其是对于复杂模型显示时。

用于计算的三维模型数据与用于显示的三维模型数据应采用不同的表达形式，二者之间应通过明确的数据交互关系进行关联。系统应支持在计算与显示相互独立的情况下进行数据更新与交互，以满足不同交互阶段的应用需求。

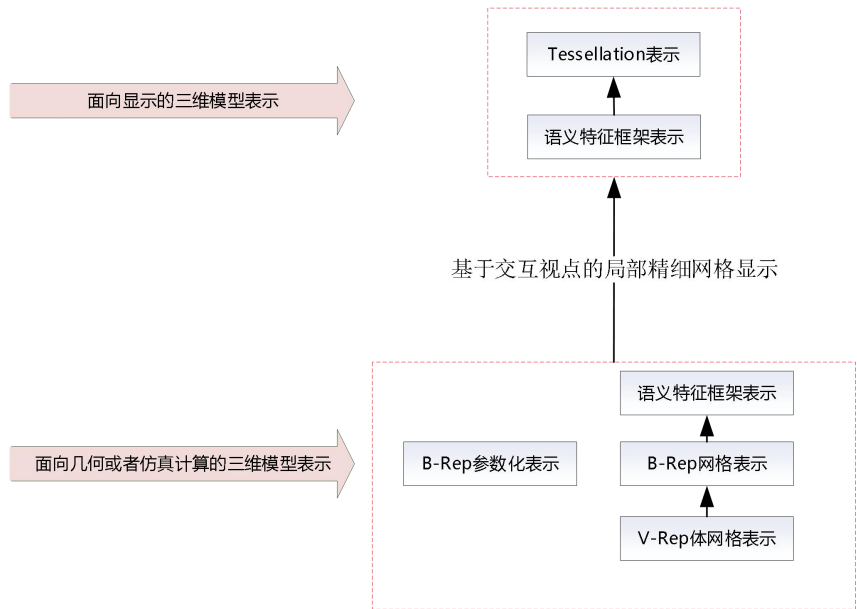


图 2 三维模型计算表示与显示表示的层次关系

4.2. 操作意图表达要求

云计算架构下三维模型数据交互过程中，操作请求应能够明确描述用户或应用对三维模型执行的操作需求。

操作意图数据应根据应用需求表达以下内容：

- a) 操作类型，用于描述所请求执行的操作类别；
- b) 操作对象，用于描述操作作用的模型对象、空间范围或其他目标范围；
- c) 操作参数，用于描述操作所需的几何参数、属性参数、约束条件或计算条件；
- d) 操作上下文，用于描述操作执行所依赖的模型环境、对象关系或其他必要信息。

操作意图数据应能够被数据处理方识别，并支持后续模型处理、信息查询或计算分析。操作意图的具体生成方式、处理流程以及实现机制不属于本文件规定范围。

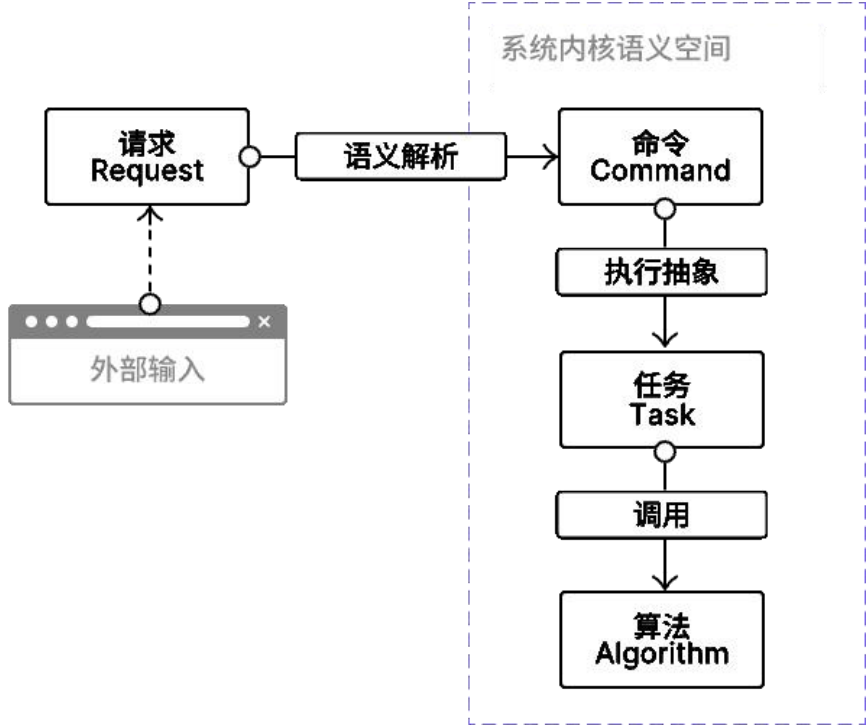


图 3 操作请求语义转换层次示意图

本图用于解释前端操作请求进入后台后，并不是直接等同于几何算法调用，而需要经过请求、语义解析、命令、任务和算法等层次转换。它与“操作请求数据应描述操作类型、操作对象、操作参数和操作上下文”的要求对应，可帮助说明标准关注的是传输语义，而不是后台算法实现。

4.3. 三维模型信息表达要求

三维模型数据传输过程中，数据提供方提供的信息应满足数据接收方进行模型显示、交互操作和信息查询的需求。

模型信息可根据应用需求包含以下内容：

- a) 几何信息，用于描述模型的形状、尺寸和空间位置；
- b) 拓扑信息，用于描述模型元素之间的连接、包含或邻接关系；
- c) 属性信息，用于描述模型对象的工程属性、业务属性或其他附加信息；
- d) 显示信息，用于支持模型浏览、渲染和交互显示；
- e) 计算信息，用于描述模型处理、分析或其他计算过程产生的信息。

不同用途的模型信息可采用不同的数据表示方式。

数据提供方应根据应用场景提供适用于当前显示、交互或计算需求的数据内容。

4.4. 交互效率要求

三维模型数据传输应考虑模型规模、计算复杂度以及用户交互需求，支持高效的数据获取和更新。

数据传输宜支持以下方式：

- a) 按需获取，根据当前操作需求、显示需求或计算需求提供所需数据；
- b) 局部获取，根据模型对象、空间范围或功能范围提供部分数据；

- c) 渐进获取，根据数据完整程度、精度等级或可用程度逐步提供数据；
- d) 增量更新，仅传输发生变化的数据内容。

对于计算时间较长或数据规模较大的处理过程，数据提供方宜优先提供满足基本显示和交互需求的数据，并根据处理结果进一步提供补充或更新数据，例如先传输三维模型的语义特征框架数据。

数据接收方应能够根据数据描述信息判断当前数据的适用范围和使用条件。

4.5. 模型对象与数据表示关联要求

三维模型数据传输过程中，应提供模型对象与其相关数据表示之间的关联信息，以支持数据接收方识别模型对象、获取对象信息以及按需要组织相关模型信息。

模型对象与数据表示关联应满足以下要求：

- a) 数据接收方应能够确定当前数据所对应的模型对象；
- b) 数据接收方应能够确定模型对象所包含的数据内容及其表示类型；
- c) 不同数据表示之间应能够建立必要的关联关系，以支持对同一模型对象的综合描述。

模型对象关联信息宜支持以下应用：

- a) 用户选择或操作显示对象时，能够定位对应模型对象；
- b) 用户查询模型对象时，能够获取对应的几何、属性、显示或计算信息；
- c) 数据更新过程中，能够确定受影响的数据范围；
- d) 多种数据表示共同描述同一模型对象时，能够建立统一的数据组织关系。

同一模型对象可具有多个不同用途的数据表示，例如显示表示、计算表示或属性信息表示。不同表示之间可通过对象标识、引用关系或其他等效方式建立关联。

模型对象与数据表示关联用于描述数据之间的对应关系，不规定模型对象内部结构、数据生成过程以及后台处理流程。

4.6. 数据更新要求

三维模型数据传输应支持模型相关信息的变化描述。

数据更新信息应能够描述数据内容相对于已有数据的变化类型。

数据更新类型可包括：

- a) 新增，用于描述新产生的数据内容；
- b) 修改，用于描述已有数据内容发生变化；
- c) 删除，用于描述已有数据内容不再有效；
- d) 补充，用于描述在已有数据基础上增加的数据内容；
- e) 替换，用于描述已有数据由新的数据内容取代。

数据更新信息应能够明确更新作用对象以及更新影响范围。

当更新数据依赖已有数据内容时，应提供必要的关联信息，使数据接收方能够判断该更新数据的适用条件。

本文件不规定数据更新的具体执行方式、同步机制或一致性控制方式。

4.7. 兼容性和可扩展性要求

三维模型数据传输应支持不同应用场景和数据类型的扩展。

扩展的数据内容应满足：

- a) 具有明确的数据类型描述；

- b) 能够与已有模型对象或数据表示建立关联；
- c) 不影响已有数据的识别和使用；
- d) 不破坏已有数据之间的组织关系。

系统可根据应用需求扩展新的几何表示、显示表示、计算信息或业务属性信息。
扩展内容宜保持与本文件规定的数据组织方式兼容。

5. 三维模型数据表达

为支持云计算架构下三维模型后台几何计算与前端轻量化显示之间的数据交互需求，应对三维模型数据的表达形式进行统一规范。三维模型数据在交互过程中不应仅采用单一表示，而应根据计算与显示的不同需求，采用多种表达形式。

本章从数据表达的角度，对三维模型数据进行分类与定义，明确不同类型数据在交互过程中的作用及其基本特征，以支持前后端之间的数据交换与协同。

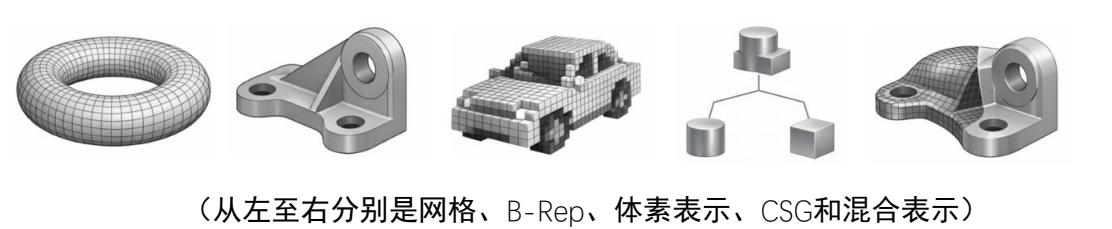


图 4 常见三维模型数据表示类型示意图

5.1. 一般要求

三维模型数据应根据模型处理、显示交互和信息查询等应用需求进行表达，应满足下列要求：

- a) 应能够描述三维模型及其模型对象的基本信息；
- b) 应能够区分面向计算处理的数据表示和面向显示交互的数据表示；
- c) 应能够描述模型对象所具有的几何、拓扑、属性、显示和计算结果等信息；
- d) 应能够说明数据表示的用途、适用范围和使用条件；
- e) 同一模型对象具有多种数据表示时，应能够确定各数据表示所对应的模型对象；
- f) 多种数据表示共同构成模型对象的完整描述时，应能够确定各部分数据的组成关系；
- g) 数据表达不应依赖具体通信协议、编码格式、序列化方式或软件内部数据结构。

三维模型数据可根据应用需要，仅表达模型整体信息、指定模型对象信息或指定局部范围内的信息。

数据提供方应根据数据接收方的显示、交互和处理需求，提供满足相应用途的数据表示。

5.2. 三维模型基本信息

三维模型数据应能够表达用于识别和使用模型的基本信息，宜包括：

- a) 模型名称、模型类别或其他用于说明模型用途的信息；
- b) 模型采用的长度、角度及其他物理量单位；
- c) 模型使用的坐标系、基准方向和空间位置；
- d) 模型的整体空间范围；

- e) 模型包含的模型对象及其组织关系;
- f) 模型数据的表示类型及适用用途;
- g) 模型数据的精度、详细程度或质量等级;
- h) 模型数据适用的应用条件或限制。

在CAD应用中,三维模型可由装配体、零件、实体、曲面及其他模型对象组成;在传输过程中可根据实际应用需求选择适当的对象粒度进行表达。当模型数据由多个独立部分组成时,应能够说明各部分之间的空间关系和组成关系。当模型包含装配体、部件、零件或其他层次结构时,宜表达相应的包含关系和空间变换关系。

5.3. 模型对象信息

三维模型数据应能够以模型对象为基础组织相关信息,并应当根据应用需求包括下列一种或多种内容:

- a) 对象类别,用于说明对象在模型组成结构中的类型,如模型、装配体、部件、零件、实体或曲面;
- b) 空间信息,用于说明对象的位置、方向和空间范围;
- c) 形态信息,用于说明对象的外形和几何形态;
- d) 组成信息,用于说明对象包含的下级对象及其组成关系;
- e) 属性信息,用于说明对象的材料、名称、类别、状态或其他业务属性;
- f) 显示信息,用于支持对象的渲染、选择和交互;
- g) 计算信息,用于支持对象的几何处理、工程分析或其他计算;
- h) 关联信息,用于说明对象与相关数据表示之间的对应关系。

模型对象的划分粒度应满足相应应用场景下对象识别、信息查询、交互操作和局部更新的需要。

模型对象不应仅依据显示数据的分块方式确定。显示分块与模型对象划分不一致时,应保留二者之间的对应关系。

5.4. 计算表示

5.4.1. 一般要求

计算表示应面向几何计算、工程分析、模型处理或其他需要使用模型计算信息的应用,应能够表达完成相应计算所需的信息,并应说明其适用用途。

典型的计算表示可包括:

- a) 精确几何表示;
- b) 拓扑表示;
- c) 表面离散表示;
- d) 体离散表示;
- e) 材料物理属性等信息
- f) 约束、边界条件或其他计算条件表示;
- g) 计算结果表示;
- h) 满足特定计算需要的其他表示。

同一模型对象可具有一种或多种计算表示。不同计算表示之间不要求采用相同的数据结构,但应能够确定其所描述的模型对象或模型范围。

5.4.2. 几何信息表达

几何信息应能够描述模型对象的形状、尺寸、空间位置和几何特征。

几何信息可包括：

- a) 点及其空间位置；
- b) 直线、圆、圆弧及其他解析曲线；
- c) 样条曲线等参数曲线、细分曲线等离散曲线、以及其他自由曲线；
- d) 平面、圆柱面、圆锥面、球面及其他解析曲面；
- e) 样条曲面等参数曲面、细分曲面等离散曲面、以及其他自由曲面；
- f) 实体、曲面体或其他几何对象；
- g) 几何对象的参数表示及范围、方向和空间变换信息；
- h) 几何精度、公差或其他影响几何使用的信息。

几何信息的表达内容和精度应满足其声明用途的要求。用于精确几何处理的数据，应能够确定相应几何形态和空间位置；用于近似计算的数据，应说明其近似性质、精度范围或适用条件。

5.4.3. 拓扑信息表达

拓扑信息应能够描述三维模型数据之间的连接、邻接、包含和边界关系。

拓扑信息可包括：

- a) 顶点与边之间的连接关系；
- b) 边与面之间的边界关系；
- c) 边与框架之间的连接关系；
- d) 框架与面之间的连接关系；
- e) 特征部件与实体之间的依赖与组成关系；
- f) 面与实体之间的组成关系；
- g) 模型对象之间的包含和装配关系；
- h) 模型区域之间的邻接关系；
- i) 其他与对象连通性和组成关系有关的信息。

需要根据显示选择结果定位几何对象时，拓扑信息宜与对应模型对象或显示表示建立关联。

5.4.4. 离散信息表达

离散数据应能够描述三维模型数据的离散近似形式。

离散数据可包括：

- a) 点集或点云；
- b) 线段或折线集合；
- c) 三角形、四边形或其他表面单元；
- d) 四面体、六面体或其他体单元；
- e) 节点、单元及其连接关系；
- f) 单元分组、区域集合和边界集合；
- g) 与离散单元关联的属性或计算结果。

离散数据应根据用途说明其属于显示表示、计算表示或兼具多种用途的表示。用于工程分析的离散数据，宜表达计算所需的单元类型、连接关系、区域划分及相关属性。用于显示的离散数据，应满足5.5的要求。

5.4.5. 计算条件和计算结果表达

需要传递工程分析或其他计算信息时，数据表达可包括：

- a) 材料或物理属性；
- b) 边界条件；
- c) 载荷和约束条件；
- d) 计算参数；
- e) 计算区域和对象集合；
- f) 标量、矢量、张量或其他计算结果；
- g) 计算结果的时间、工况、步次或其他适用条件；
- h) 计算结果与离散单元之间的对应关系。

计算结果数据应能够确定其对应的模型数据、模型区域或计算表示。

计算结果采用颜色、云图、变形图或其他方式显示时，应保留计算结果与显示表示之间必要的对应关系。

5.5. 显示表示

5.5.1. 一般要求

显示表示应面向三维模型的渲染、浏览、选择、查询和交互操作。显示表示应能够被数据接收方用于构建用户视图，并应根据应用需要支持下列一种或多种功能：

- a) 模型整体或局部显示；
- b) 模型对象选择和高亮；
- c) 模型浏览、缩放、旋转和视图切换；
- d) 对象属性查询；
- e) 交互操作反馈；
- f) 计算结果可视化；
- g) 局部数据替换或更新。

显示表示可采用三角网格、四边形网格、多边形网格、点云、线框、特征线、纹理、图像、包围体、代理几何或其他适用于显示的数据形式。

显示表示不应要求数据接收方恢复计算表示的全部内部信息。

显示表示不应用作需要保持工程精度的几何计算或工程分析的唯一依据，除非该显示表示同时声明适用于相应计算用途。

5.5.2. 几何形态和空间信息

显示表示应能够表达构建用户视图所需的几何形态和空间信息。

相关信息宜包括：

- a) 显示顶点及其空间位置；
- b) 图形单元及其连接关系；
- c) 法向、切向或其他渲染辅助信息；
- d) 对象的空间变换；
- e) 对象或数据块的空间范围；
- f) 线框、轮廓线、特征线或其他辅助显示信息；
- g) 与视点、显示区域或详细程度相关的信息。

对于装配体或大场景模型，显示数据可使用局部坐标系和层次化空间变换进行表达。采用局部坐标系时，应能够确定其与模型坐标系之间的关系。

5.5.3. 外观信息

显示表示可根据应用需要表达模型对象的外观信息。

外观信息可包括：

- a) 颜色；
- b) 透明度；
- c) 材质；
- d) 纹理及其映射信息；
- e) 显示状态；
- f) 可见性；
- g) 高亮、选中或其他交互状态；
- h) 计算结果的可视化属性。

外观信息应能够确定其作用的模型对象、显示对象或图形单元范围。需要注意的是，外观信息与几何形态数据分别提供时，应能够建立二者之间的对应关系

5.5.4. 交互信息

显示表示宜提供支持选择、查询和编辑操作所需的交互信息。

交互信息应根据应用需要支持下列功能：

- a) 根据显示对象或图形元素确定对应的模型对象；
- b) 根据模型对象获取相关的显示、属性或计算信息；
- c) 确定用户交互作用的对象范围；
- d) 支持对象高亮、隐藏、隔离或其他视图操作；
- e) 支持局部显示数据的获取和更新。

显示表示中的图形元素不一定与计算表示中的几何实体一一对应。当显示图形元素与模型对象之间不是一一对应关系时，应能够表达一对多、多对一或其他必要的对应关系。

经过简化处理的一个显示网格块可同时包含多个实体面；一个实体面也可由多个显示网格块共同表达。数据接收方可通过对象标识或引用信息确定显示内容所涉及的模型对象。

5.6. 属性和语义信息表示

属性和语义信息应能够描述模型对象除几何形态和显示外的其他相关内容。

属性和语义信息可包括：

- a) 对象名称、类别和用途；
- b) 材料、质量、颜色和其他物理属性；
- c) 零件编号、构件编号或其他业务标识；
- d) 设计参数和工程属性；
- e) 装配、分组、分类或层级信息；
- f) 可选择、可编辑、可见或其他交互属性；
- g) 与分析、制造、运维或其他业务过程有关的信息；
- h) 用户定义的扩展属性。

属性和语义信息应能够确定其所属模型对象。同一属性作用于多个模型对象时，应能够确定其适用对象集合。属性和语义信息不应要求与几何数据采用相同的表达形式或传输方式。

数据接收方仅需获取部分属性时，数据提供方按需提供相应内容。

5.7. 同一模型对象的多表示表达

同一模型对象可根据不同应用目的具有多种数据表示。

多种数据表示可包括：

- a) 用于精确几何处理的表示；
- b) 用于工程分析的离散表示；
- c) 用于快速显示的简化表示；
- d) 用于选择和查询的交互表示；
- e) 用于其他特定应用的扩展表示。

同一模型对象的多种数据表示应满足下列要求：

- a) 应能够确定各数据表示所属的模型对象；
- b) 应能够区分各数据表示的类型和用途；
- c) 应能够确定各数据表示的适用范围；
- d) 需要联合使用多种数据表示时，应能够确定其组成关系；
- e) 一种数据表示由另一种数据表示生成、简化或离散得到时，可表达相应关系，但不要描述具体生成过程；
- f) 不同数据表示可独立提供、存储和更新。

多种数据表示可通过共同的模型对象标识、引用关系或其他等效方式建立关联。在具体实现中，当共同的模型对象信息已能够唯一确定多种数据表示之间的对应关系时，可采用隐式关联方式。

当仅依据共同模型对象信息不足以确定对应关系时，应提供显式引用或映射信息。

5.8. 模型整体信息的组成

三维模型整体信息可由多个模型对象及其相关数据表示共同组成。

模型整体信息的表达应能够支持下列内容：

- a) 确定模型包含的模型对象；
- b) 确定模型对象之间的组成或层次关系；
- c) 确定各模型对象具有的数据表示；
- d) 确定各数据表示的用途和适用范围；
- e) 确定共同描述一个对象或模型范围的相关数据；
- f) 支持根据模型对象获取相应的显示、属性或计算信息。

模型整体信息可采用层次组织、分组组织、空间组织或其他适宜的组织方式。

采用不同组织方式的数据可共同描述同一三维模型，但应能够确定各部分数据在模型整体中的位置和作用。

对于装配体或大型模型，模型整体信息可分为模型结构信息和模型对象内容信息分别提供。

模型结构信息宜能够支持数据接收方在未获取全部对象内容的情况下，了解模型的基本组成并按需获取相关数据。模型对象内容信息可根据显示、交互或计算需要独立提供。

5.9. 数据精度与容差

三维模型数据应根据其用途表达必要的精度或详细程度信息。

精度和详细程度信息可包括：

- a) 几何计算精度；
- b) 离散近似误差；
- c) 网格尺寸或密度；
- d) 显示详细程度；
- e) 图像或纹理分辨率；
- f) 数据简化程度；
- g) 计算结果精度；
- h) 其他影响数据使用的质量信息。

同一模型对象可具有多个不同精度或详细程度的数据表示。不同精度或详细程度的数据表示应能够区分。

数据接收方需要根据应用场景选择数据表示时，数据提供方宜提供足以进行选择的精度、详细程度或用途信息。低精度或低详细程度的数据可用于快速显示、预览或大场景浏览。高精度或高详细程度的数据可用于局部精细显示、几何处理或其他对数据质量要求较高的应用。

不同精度数据的交付和替换要求应符合第7章的规定。

5.10. 数据完整性和适用性

三维模型数据应能够说明其是否完整满足声明用途。

数据完整性可包括：

- a) 模型整体完整性；
- b) 模型对象完整性；
- c) 数据表示完整性；
- d) 数据分块完整性；
- e) 属性信息完整性；
- f) 计算结果完整性。

局部数据或阶段性数据不应被解释为完整模型数据，除非其已明确声明能够独立描述相应模型范围。

数据存在下列情形之一时，宜说明其适用条件或限制：

- a) 数据仅覆盖模型局部范围；
- b) 数据采用简化或近似表示；
- c) 数据仅用于显示，不适用于精确计算；
- d) 数据依赖其他数据共同使用；
- e) 数据可能被后续数据补充或替换；
- f) 数据仅适用于指定视点、精度等级、分析工况或业务场景。

数据接收方应能够根据数据类型、用途、完整性和适用条件确定数据的使用方式。

5.11. 本章边界

本章规定三维模型数据在逻辑上的表达内容、表示类型和组成关系。

本章不规定：

- a) 几何、拓扑、网格及其他模型数据的具体内部数据结构；
- b) 三维模型文件格式；
- c) 数据字段名称和物理排列方式；
- d) 数据编码和压缩方法；
- e) 模型数据生成算法；
- f) 几何建模、网格生成、仿真分析或渲染算法；
- g) 模型对象内部的特征依赖、计算依赖或历史演化关系。

三维模型数据的数据单元划分、标识和引用方式应符合第6章的规定。

三维模型数据的交付、更新、补充和替换方式应符合第7章的规定。

6. 数据传输内容与结构

三维模型数据在前后端交互过程中，应按照其在交互中的作用进行分类与组织。不同类型的数据在传输过程中具有不同的语义与用途，应进行明确区分，以支持模型初始化、交互响应及后续更新等应用需求。

本章对三维模型数据在传输过程中的主要数据类型进行定义。

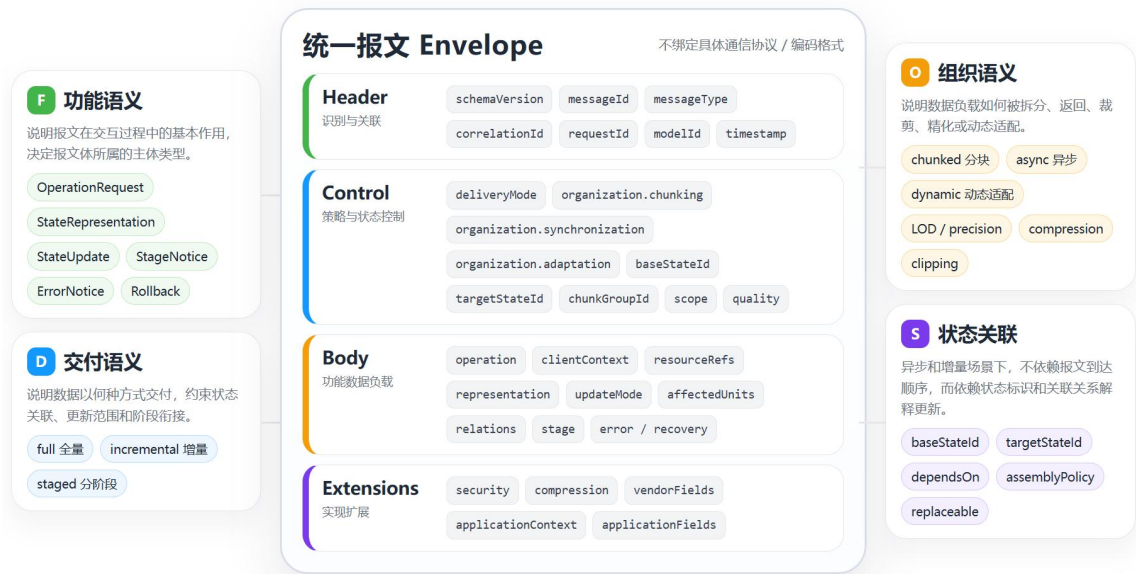


图 5 云计算架构下三维模型数据传输语义总架构图

本文件不限定具体通信协议、报文编码格式或系统会话管理方式，而是从传输语义层面对三维模型前后端交互数据进行约束。传输报文可抽象为统一报文（Envelope），由报文头（Header）、控制字（Control）、报文体（Body）和扩展区（Extensions）组成。其中报文头用于报文识别与交互关联，控制字用于描述交付方式、组织机制与状态关联，报文体用于承载请求、状态表示、状态变更、阶段反馈或异常恢复等具体内容，扩展区用于实现扩展。

报文的语义由功能语义、交付语义、组织语义和状态关联共同约束。功能语义决定报文在交互过程中的基本作用，交付语义决定数据以全量、增量或分阶段方式交付，组织语义决定数据是否采用分块、异步或动态适配等机制，状态关联则用于在异步和增量场景下解释数据应用顺序与状态转换关系。

6.1. 报文语义组织

三维模型数据传输过程中，报文应能够表达数据在交互过程中的功能作用、交付方式、组织方式以及状态关联关系。

报文语义由功能语义、交付语义、组织语义和状态关联共同约束。

其中：

- a) 功能语义用于描述报文在三维模型交互过程中的基本作用，包括操作请求、状态表示、状态变更、阶段反馈以及异常恢复等；
- b) 交付语义用于描述数据提供方式，包括完整交付、增量交付、分阶段交付以及按需交付等；
- c) 组织语义用于描述数据内容的组织方式，包括整体组织、分块组织、异步组织以及根据应用需求动态适配的数据组织方式；
- d) 状态关联用于描述当前数据与已有数据之间的关系，包括数据应用顺序、作用对象、变化范围以及状态转换关系。

报文的具体字段、编码方式和通信方式可根据系统实现确定，但应保证上述语义能够被数据接收方识别和处理。

6.1.1. 功能语义

功能语义用于描述一次三维模型数据交互的目的。根据应用场景，报文功能语义可包括：

- a) 操作请求（OperationRequest），用于描述用户或应用向计算侧提交的操作意图；
- b) 状态表示（StateRepresentation），用于描述模型整体或局部状态；
- c) 状态变更（StateUpdate），用于描述模型已有状态发生变化后的结果；
- d) 阶段反馈（StageNotice），用于描述长耗时计算、异步处理或分阶段交付过程中的阶段信息；
- e) 异常恢复（Rollback），用于描述数据处理失败、重新请求或状态恢复相关信息。

功能语义应能够说明当前报文作用于何种交互过程，并与报文主体中的具体数据内容保持一致。

例如，在云CAD场景中，用户执行“拉伸”操作时，前端发送的报文功能语义为“创建几何对象”，而不是直接传递完整模型文件。后台根据请求信息执行几何计算，并返回生成实体后的状态表示或状态变更数据。

6.1.2. 交付语义

交付语义用于描述三维模型数据的提供方式。根据数据规模、计算复杂度和交互需求，数据交付方式可包括：

- a) 完整交付（full），用于提供完整模型状态或完整数据表示；
- b) 增量交付（incremental），用于提供相对于已有数据发生变化的数据内容；
- c) 分阶段交付（staged），用于根据计算进度、数据生成过程或详细程度逐步提供数据；
- d) 按需交付（specific），用于根据当前显示区域、操作对象或计算需求提供指定数据。

交付语义应能够说明当前数据是否可独立使用，以及其与已有数据之间的关系。

例如，大型CAD装配模型首次加载时，系统可先交付装配结构和低精度显示表示，以支持快速浏览；当用户选择具体零件后，再交付对应零件的高精度几何表示和属性信息。

6.1.3. 组织语义

组织语义用于描述三维模型数据在报文中的组织方式。根据模型规模和应用需求，数据组织方式可包括：

- a) 整体组织，用于描述完整模型或完整模型对象；
- b) 分块组织（**chunked**），用于描述大型模型中的局部区域或局部对象；
- c) 异步组织（**async**），用于描述计算过程和数据生成过程独立进行的场景；
- d) 动态适配组织（**dynamic**），用于根据显示范围、计算需求或资源条件动态调整数据内容。

组织语义应支持接收方根据数据描述信息确定数据组成方式，并按照相应规则进行解析和应用。

例如，对于大型装配模型，可将不同子装配、不同空间区域或不同详细程度的数据分别组织为独立数据块，并通过关联信息确定其所属模型对象。

6.1.4. 状态关联

状态关联用于描述传输数据与接收方已有模型状态之间的应用关系，使接收方能够确定当前数据作用对象、数据表示以及数据应用方式。

状态关联主要用于支持异步计算、增量更新、分阶段交付和多表示协同场景下的数据解释。

状态关联信息可包括：

- a) 对象关联（**baseStateId**），用于说明当前数据对应的模型对象或模型范围；
- b) 表示关联（**targetStateId**），用于说明当前数据属于模型对象的何种数据表示；
- c) 更新关联（**dependsOn**），用于说明当前数据与已有数据之间的新增、替换、补充或删除关系；
- d) 组合关联（**assemblyPolicy**），用于说明多个数据单元共同构成模型状态时的数据组成关系。

状态关联不要求系统采用统一的版本管理机制，也不规定模型历史、事务处理或内部状态同步方式。

在云CAD场景中，用户修改零件尺寸后，后台生成新的几何表示和显示表示。返回数据可通过状态关联说明：新生成的几何表示对应原零件对象、新显示表示用于替换原显示表示、属性信息仍与原模型对象保持关联。

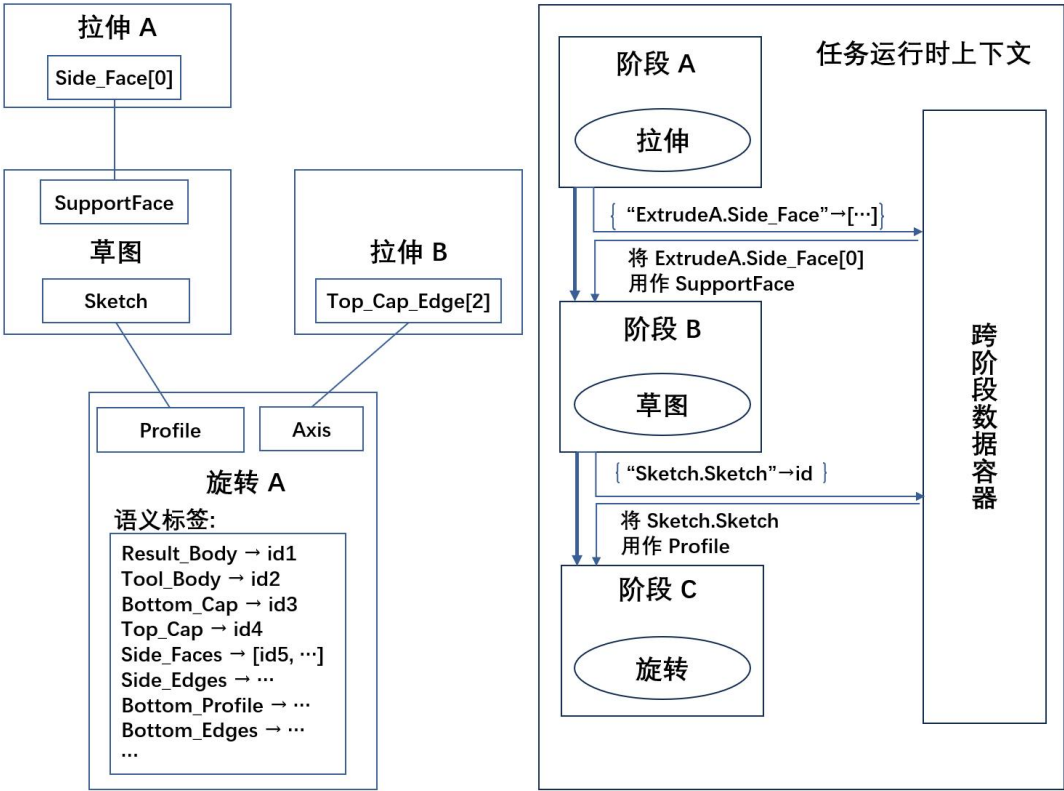


图 6 模型语义与传输数据映射关系示意图

本图用于说明模型对象、特征语义与运行时数据之间需要建立可识别的对应关系。其中，模型对象是数据组织、关联和操作的作用对象；特征语义用于描述对象的设计意图、构造方式或工程含义；运行时数据是模型对象在计算、显示和交互过程中形成的数据表示。通过对对象标识、引用关系或语义映射，前端显示对象被选择后，可定位其对应的模型对象及后台计算表示。

6.2. 报文基本结构

三维模型数据传输报文宜采用统一逻辑结构进行组织。
该结构不限定具体通信协议、编码格式或序列化方式，但应能够表达报文识别、交互关联、控制信息和具体数据内容。
报文宜由以下部分组成：
a) 报文头（Header）；
b) 控制信息（Control）；
c) 报文体（Body）；
d) 扩展区（Extensions）。

6.2.1. 报文头

报文头用于描述报文基本识别信息和交互关联信息。报文头应支持：
a) 报文类型识别；
b) 请求与响应关联；
c) 模型对象或模型范围定位；

- d) 同一交互过程中的多报文关联。
一个典型实现中，报文头可包含以下信息：

表 1 报文头字段

字段名	数据类型	必须	说明
schemaVersion	字符串	是	报文结构或语义版本，用于标识报文遵循的规范版本，如本文对应的版本是V0.1
messageId	字符串	是	当前报文的唯一标识
messageType	枚举	是	报文功能类型，用于说明报文在交互过程中的作用
correlationId	字符串	是	交互关联标识，用于关联同一任务、同一请求过程或同一分阶段返回过程中的多条报文
requestId	字符串	是	条件必选项，请求标识，用于将响应、更新、阶段反馈或异常通知关联至原始请求
modelId	字符串	是	条件必选项，模型、文档或三维场景对象标识
timestamp	时间戳	否	报文生成时间

当报文依赖某一次请求过程时，应具备请求关联能力。当报文作用于具体模型或模型对象时，应具备模型定位能力。上述能力可通过标准字段或等效机制实现。

6.2.2. 控制字

控制字用于描述报文体数据的解释方式和应用方式。控制字不直接承载模型数据内容，而用于说明：

- a) 数据如何交付；
b) 数据如何组织；
c) 数据如何与已有状态关联。
一个典型实现中，控制信息可包括：

表 2 控制字字段

字段名	说明
deliveryMode	数据交付方式，说明报文采用全量、增量或分阶段交付
organization	数据组织机制，说明是否采用分块、异步、动态适配等机制
baseStateId	基准状态标识，说明当前数据所基于的已有状态
targetStateId	目标状态标识，说明应用当前数据后形成或指向的状态
chunkGroupId	分块组标识，用于关联共同构成一个完整语义单元的多条分块报文
chunkIndex	当前分块在分块组中的序号
chunkCount	分块总数；当总数可预知时宜包含
isFinalChunk	是否为分块组中的最后一块
assemblyPolicy	分块组装策略，用于说明接收方向何时可应用分块数据
scope	报文作用范围，可按模型对象、空间区域、视域范围或数据单元集合描述
quality	数据质量或表达层级信息，如精度、LOD 层级、是否可替换等

当采用增量交付时，宜提供基准状态信息。

当采用分阶段交付时，宜提供阶段关联信息。

当采用分块组织时，应能够确定各数据块之间的组成关系。

6.2.3. 报文体

报文体用于承载与功能语义对应的具体数据内容。报文体可包括：

a) 操作请求数据：

操作请求数据用于描述前端向计算侧提交的操作意图。操作请求数据宜包括：

- i) 操作类型；
- ii) 操作对象；
- iii) 操作参数；
- iv) 必要上下文信息。

操作请求数据宜保持轻量化。当操作涉及大规模模型数据、点云数据、纹理数据或其他外部资源时，宜采用资源引用方式传递。

例如在拉伸场景中，一个典型的报文体应当承载如下信息：

Operation:

Extrude

Object:

Sketch001

Parameter:

Length=50mm

Direction=Z

b) 状态表示数据：

状态表示数据用于描述某一时刻模型整体或局部状态。状态表示数据可用于：

- i) 模型初始化；
- ii) 状态恢复；
- iii) 局部预览；
- iv) 阶段性结果展示。

状态表示数据宜包含：

- i) 模型对象标识；
- ii) 数据表示类型；
- iii) 数据内容；
- iv) 表示关联信息。

例如拉伸完成后，计算端应当向显示端提供包含如下信息的报文体：

Object:

Solid001

Representation:

Geometry:

BRep001(几何与拓扑信息)

Display:

Mesh001(渲染用数据)

Property:

Material001

c) 状态变更数据：

状态变更数据用于描述已有模型状态发生变化后的结果。状态变更数据应能够说明：

- i) 变化对象；
- ii) 变化类型；
- iii) 变化范围；
- iv) 可选新增或替换内容。

例如在需要替换显示精度时，宜在报文体中提供以下信息：

Target:

Mesh001

Change:

Replace

NewData:

Mesh002

这些信息完整表达了“新的高精度显示表示替换已有低精度显示表示”的含义。其中Mesh001和Mesh002可在状态表示数据中给出。如果本身还有状态表示信息之外的辅助内容，可一并包含在状态变更数据中。

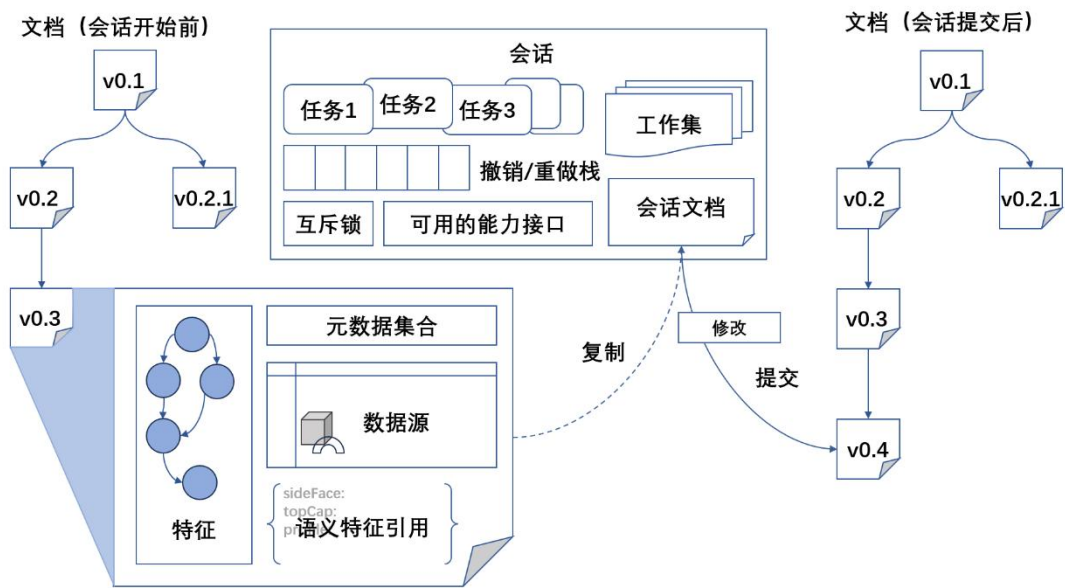


图 7 模型状态分层与版本演化关系示意图

本图用于说明模型状态并非只有一个最终结果，而可能存在持久化状态、运行时状态、会话状态以及版本演化关系。对应“状态表示数据”“状态变更数据”“增量交付”和“状态关联”的要求，可帮助读者理解为什么传输数据需要说明基准状态、目标状态、更新范围和替换关系

d) 阶段反馈数据：

阶段反馈数据用于描述后台计算、数据生成或数据交付过程中的阶段状态。阶段反馈数据可包括：

- i) 阶段标识；
- ii) 当前状态；
- iii) 完成进度；
- iv) 后续预期。

阶段反馈数据通常不直接改变模型状态。若反馈数据同时包含更新内容，应
按照状态表示数据或状态变更数据处理。

比如在自动布尔的特征建模中，阶段反馈数据可以在计算中途向显示端提供进
度支持：

```
Procedure:
#1
Total:
2
Status:
Feature Created, process finished
```

6.2.4. 扩展区

扩展区用于承载特定系统、行业或应用场景下的附加信息。扩展信息可包括：

- a) 自定义属性；
- b) 安全信息；
- c) 压缩信息；
- d) 加密信息；
- e) 应用上下文信息。

扩展信息应满足：

- a) 不改变基础字段语义；
- b) 不影响基础报文解析；
- c) 支持未知扩展字段的兼容处理。

会话标识、连接上下文或用户上下文等实现相关信息宜通过扩展方式提供，不宜作为本
文件规定的核心语义。

6.3. 典型交互示例

本节将结合典型场景，给出报文逻辑组织的典型示例。在本标准下，示例中的组织方式
不是唯一可行的，同时必须强调的是，本标准也不约束报文的具体编码规范。

以云CAD中草图拉伸生成实体为例。用户选择草图对象Sketch001，并输入拉伸参数。

a) 操作请求

前端发送请求数据：

报文组成	字段	示例值	说明
报文头	messageType	OperationRequest	报文功能类型，表示操作请求
报文头	messageId	Message001	当前报文的唯一标识
报文头	requestId	Request001	当前操作请求的标识
报文头	modelId	Model001	操作所属三维模型的标识
报文体	operation	Extrude	请求执行的操作类型
报文体	source	Sketch001	拉伸操作作用的模型对象
报文体	length	50 mm	拉伸长度
报文体	direction	Z	拉伸方向

该报文描述：

用户希望基于 Sketch001 创建新的几何对象。

b) 阶段反馈

后台执行几何计算时：

报文组成	字段	示例值	说明
报文头	messageType	StageFeedback	报文功能类型，表示阶段反馈
报文头	messageId	Message002	当前报文的唯一标识
报文头	requestId	Request001	关联原拉伸操作请求
报文头	correlationId	Correlation001	关联同一交互过程中的多条报文
报文体	stage	GeometryGeneration	当前处理阶段为几何生成
报文体	status	Running	当前处理状态为运行中
报文体	progress	60%	当前处理进度

该报文不修改模型状态，仅反馈当前处理阶段。

c) 结果返回

计算完成后，用户应当看到视图中多出一个拉伸体，并且可以被索引和选中。

报文组成	字段	示例值	说明
报文头	messageType	StateUpdate	报文功能类型，表示状态变更
报文头	messageId	Message003	当前报文的唯一标识
报文头	requestId	Request001	关联原拉伸操作请求
报文头	modelId	Model001	被更新三维模型的标识
控制信息	deliveryMode	Incremental	表示仅交付发生变化的数据
报文体	object	Solid001	新创建的模型对象
报文体	change	Create	状态变化类型为新增
报文体	geometry	BRep001	Solid001对应的计算表示
报文体	display	Mesh001	Solid001对应的初始显示表示

Mesh001

这一报文表示视图中新增模型对象Solid001、几何表示和显示表示均已创建。

d) 渐进更新不同精度模型

后台继续生成高精度显示数据：

报文组成	字段	示例值	说明
报文头	messageType	StateUpdate	报文功能类型，表示状态变更
报文头	messageId	Message004	当前报文的唯一标识
报文头	requestId	Request001	关联原拉伸操作请求
报文头	modelId	Model001	被更新三维模型的标识

控制信息	deliveryMode	Incremental	表示仅交付需要更新的数据
报文体	object	Solid001	显示表示所属的模型对象
报文体	target	Mesh001	被替换的原显示表示
报文体	change	Replace	状态变化类型为替换
报文体	newData	Mesh002	新生成的高精度显示表示

这一报文表示新的显示数据替换已有显示数据，改动不会改变Mesh001的几何和拓扑表达，仍可原样被索引和选中，仅替换了显示数据。

7. 数据传输行为与约束

三维模型数据在云计算架构下的交付过程涉及数据范围、组织方式、交互时序以及数据应用方式等多个维度。不同交付模式描述不同层面的数据传递特征，各模式之间不存在完全互斥关系，可根据具体应用场景组合使用。

例如，在云 CAD 场景中，一次几何操作后的模型更新可能同时采用增量交付、分片交付、异步交付和新增更新方式。其中，增量交付用于减少数据传输范围，分片交付用于适应大规模模型传输需求，异步交付用于支持长耗时计算过程，新增方式用于描述模型对象变化。

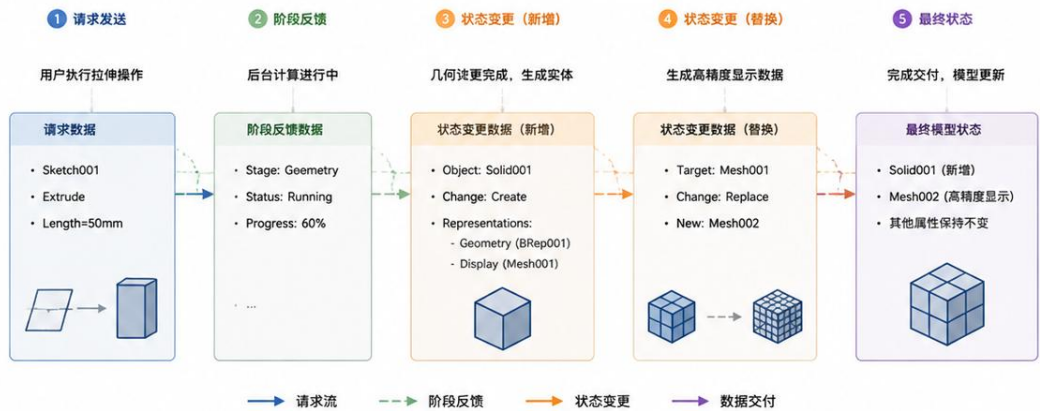


图 8 云CAD拉伸操作的数据交互与模型状态更新过程示意图

本图用于说明云CAD拉伸操作从请求发送到模型状态更新的典型交互过程。该过程依次包括操作请求、阶段反馈、模型对象新增、显示表示替换和最终状态形成。新增操作创建模型对象Solid001及其计算表示和显示表示；替换操作使用高精度显示表示Mesh002替换初始显示表示Mesh001，但不改变Solid001的对象标识、计算表示及其他关联信息。

7.1. 数据范围交付模式

数据范围交付模式用于描述一次数据传输所包含的数据内容范围，主要包括全量交付和增量交付。

7.1.1. 全量交付

全量交付用于传输能够独立描述目标模型状态的完整数据。全量交付通常用于：

- a) 模型初始化；

- b) 完整模型同步;
- c) 模型恢复;
- d) 跨系统首次数据交换。

全量交付的数据内容通常包括：模型对象信息、数据表示信息、对象关联关系和必要属性信息。

比如，在首次打开模型文件时，后台可返回完整模型状态。

7.1.2. 增量交付

增量交付用于传输相对于已有模型状态发生变化的数据内容。增量交付主要用于：

- a) 局部编辑;
- b) 局部计算;
- c) 显示更新;
- d) 大规模模型持续交互。

增量数据应能够说明：变化的对象和内容、数据作用范围、与已有数据的关联关系。

7.2. 数据组织交付模式

数据组织交付模式用于描述数据在传输过程中的组织方式，包括分片交付和分阶段交付。

7.2.1. 分片交付

分片交付用于将大规模模型数据划分为多个具有独立语义的数据单元，并分别进行传输。分片交付适用于：

- a) 大型装配模型;
- b) 大规模三维场景;
- c) 高精度几何数据;
- d) 大规模网格数据。

分片数据之间应通过数据标识和关联信息确定其组成关系。

7.2.2. 分阶段交付

分阶段交付用于描述同一目标数据在不同处理阶段逐步生成和传递的过程。

分阶段交付适用于：

- a) 几何计算;
- b) 网格生成;
- c) 仿真分析;
- d) 高精度显示生成。

不同阶段的数据应通过交互关联信息确定属于同一处理过程。

7.3. 交互时序交付模式

交互时序交付模式用于描述请求、计算和数据返回之间的时间关系，包括同步交付和异步交付。

7.3.1. 同步交付

同步交付指请求方等待数据处理完成后继续执行后续交互。同步交付适用于：

- a) 数据规模较小;
- b) 计算时间较短;
- c) 用户需要立即获得结果的场景。

比如草图的拖拽功能、特征建模操作（后续操作需要依赖新的语义）等应当使用同步交付。

7.3.2. 异步交付

异步交付指请求提交后，数据处理过程和结果返回过程相互独立。异步交付适用于：

- a) 长耗时几何计算；
- b) 大规模模型转换；
- c) 有限元分析；
- d) 高精度数据生成。

异步交付过程中，应通过阶段反馈数据描述当前处理状态。

比如带自动布尔的特征建模操作、有限元分析等场景下，多步骤的流程应当使用异步交付。

7.4. 数据应用更新模式

数据应用更新模式用于描述接收方如何将传输数据作用于已有模型状态，包括新增、替换、覆盖和删除。

新增用于描述产生新的模型对象或新的数据表示。

替换用于描述新的数据表示取代已有数据表示，通常用于同一模型对象不同表达之间的更新。

覆盖用于描述已有数据内容被新的数据内容直接更新，用于视图刷新、临时结果抛弃、属性更新等场景。

删除用于描述已有模型对象或数据表示失效，或表示不可见。

不同交付模式可根据应用需求组合使用。

以CAD中“拉伸生成实体”为例：

用户执行：

Sketch001+Extrude+Length=50mm

系统可采用如下交付方式：

维度	模式
数据范围	增量交付
组织方式	分阶段交付
交互时序	异步交付
数据应用	新增

交互过程如下：

第一阶段：

Stage Feedback

Geometry Computing

表示后台正在执行几何计算。

第二阶段：

State Change

Create Solid001

表示生成新的模型对象。

第三阶段：

State Change

Replace Display Mesh LOD2

Display Mesh LOD0

表示使用高精度显示数据替换低精度显示数据。

该过程说明，同一次模型交互可以同时具有多个交付维度，不同维度共同描述数据传递和应用过程。

8. 扩展与兼容性

三维模型数据交互机制应具备良好的扩展性与兼容性，以适应不同应用场景及系统环境的需求。数据表达、组织及传输方式应支持在保持既有功能与交互行为稳定的前提下进行扩展，并能够在不同系统之间实现有效的数据交互与适配。

8.1. 扩展性要求

数据表达与传输机制应支持扩展新的数据类型与数据内容。在不影响已有数据解析与使用的前提下，应能够引入新的数据表达形式及其相关属性。

数据组织方式应支持对数据单元进行扩展，包括增加新的数据单元类型或扩展已有数据单元的内容结构。扩展后的数据应保持明确的语义边界，并能够被接收方正确识别。

数据交付方式应支持扩展新的交付形式或组合方式。在保持既有交付方式有效的前提下，应能够适应不同交互阶段及不同精度需求的数据交付要求。

扩展过程中，不应破坏已有数据的语义与交互行为，接收方在未支持扩展内容的情况下，应仍能够正确处理其已识别的数据部分。

8.2. 兼容性要求

数据交互机制应具备良好的兼容性，以支持不同系统之间的数据交换与协同工作。

数据标识与引用方式应在不同系统及不同表达层级之间保持一致，以保证数据关联关系的正确性。

在数据更新与交付过程中，应保证不同系统对数据的理解一致，不应因实现差异导致数据语义冲突或解释歧义。

系统应支持在不同实现方式下进行数据适配，在保证数据语义与交互行为一致的前提下，允许采用不同的数据结构或处理方式。

参 考 文 献

- [1] GB/T 11457—2006 信息技术 软件工程术语
- [2] GB/T 17304—2009 CAD 通用技术规范
- [3] GB/T 5271.1 信息技术 词汇 第1部分:基本术语
- [4] GB/T 20000.1 标准化工作指南 第1部分:标准化和相关活动的通用词汇