

一篇文章入门三维几何内核

原创 www.cae-sim.com [多物理场仿真技术](#)

收录于合集 #仿真几何相关 8个

在三维建模软件和仿真软件中，我们经常能听到“几何内核”一词。

本文就以三维几何为题，从仿真的角度讨论以下几方面内容：

1. 几何内核是什么，有什么作用
2. 几何内核和仿真的关系
3. 现状
4. 作为仿真类公司，有无必要开发几何内核

1. 几何内核是什么，有什么作用

从最简单的三维基本实体“长方体”说起

一个三维长方体，在笛卡尔坐标系中至少有以下种表达方式：

1. 给出长方体的两个顶点坐标即可确定长方体；
2. 给出长方体8个顶点坐标；
3. 给出初始点坐标以及长，宽，高；
4. 如果一条边由2个点确定，给出12条边即可确定；
5. 如果一个面由四个顶点确定，给出6个面即可确定；
6. 给出一个函数表达式，限定任意一点坐标在长方体限定范围内；

1,2表达是同一方法，可以理解为常规表达，3是参数表达，4和5是最广泛使用的边界表达Boundary Representation（简称B-Rep结构），6则是约束表达，通常在建模过程中使用；

在实际应用中，我们可能还会有如下需求：

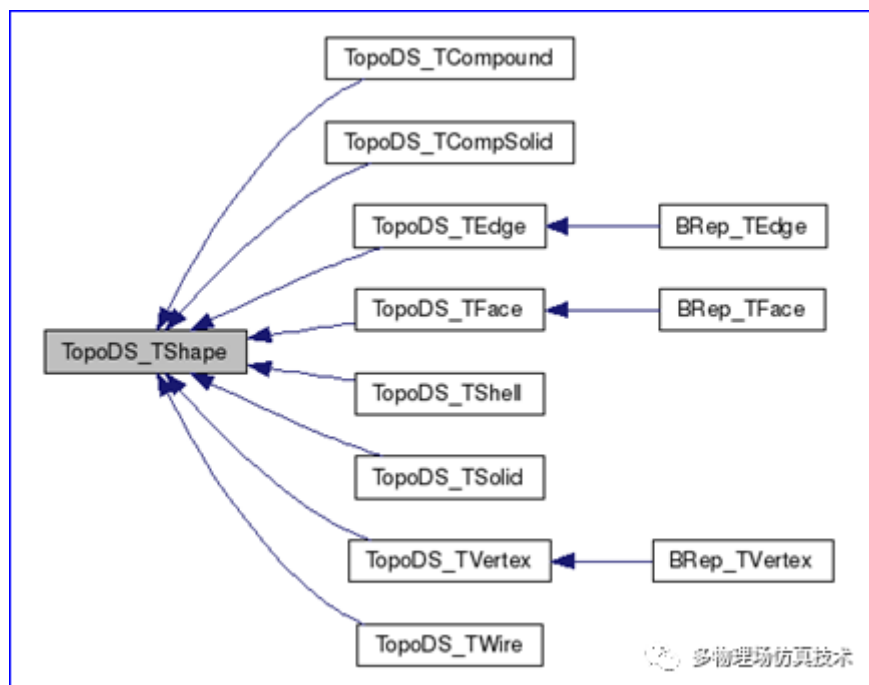
1. 编辑修改长方体(修改长宽高，并执行undo和redo操作)
2. 离散面片化长方体用来显示和划分网格
3. 网格化长方体供仿真使用

4. 长方体与别的物体进行布尔（并，减，差）运算；
5. 移动，缩放，旋转长方体
6. 根据业务需求找到理想的长方体长宽高参数，需要多次自动调整参数
7. 复制，阵列，变换该长方体
8. 点/线/面/实体 到长方体的距离/夹角
9. 赋值属性(颜色，材料，边界条件，荷载等)到长方体，或者长方体的面/线/点上
10. 需要对长方体进行切割加工；
11. 将几何导出为中间格式，供第三方软件使用
12. 计算长方体本身的属性（质量，体积，面积，重心）

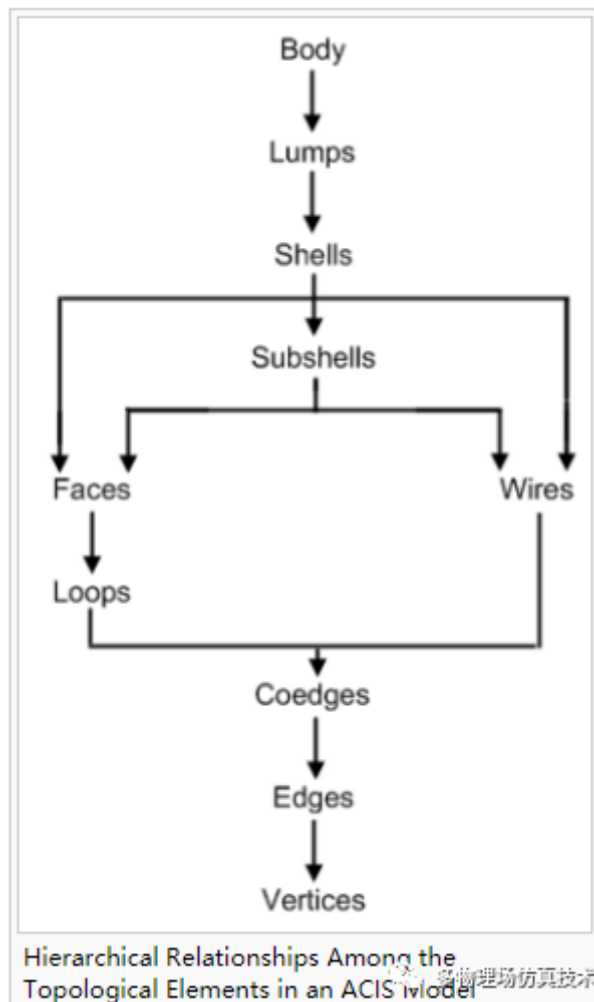
稍微介绍一下B-Rep结构，主流的几何内核都使用B-Rep结构，主要原因是这种几何表达信息丰富，可以满足几乎所有对几何数据的要求，但缺点也显而易见，数据过多冗余，在大规模数据上，性能是一个很大的问题。B-Rep就像是工具中的瑞士军刀，什么都能做。

B-Rep 边界表示方法，把所有的三维实体都通过封闭的边界面表示，比如长方体可以用过六个面表达。

开源Opencascade的拓扑结构表达如下：



ACIS的拓扑几何定义类似：



更多边界表示法（Boundary Representation）B-Rep的详细信息可以[百度谷歌](#)。

由此可见，几何内核的作用在于表达，处理几何对象，对外提供接口。以两个长方体的布尔运算为例，如果只知道顶点坐标信息，布尔运算无法进行，顶点也无法表达出计算结果。只有知道了边/面，位置等足够信息后才能进行，几何内核的实体表达可以提供这些信息。

此外，好的几何内核提供了约束建模，参数建模，驱动建模，事务等各种底层机制，方便了上层CAD应用的开发。

2. 几何内核和仿真的关系

在数值计算仿真中，求解器的输入是离散的网格数据，网格数据来自于几何。好的几何内核可以提供足够的信息给网格划分引擎。

对于二维和三维的网格，网格引擎需通常要将几何离散的三角面片作为输入，或者要拿到面的拓扑几何数据，也就是面，边，顶点或者环和shell信息。在网格生成过程中有几个地方需要注意：

1. 几何数据需要保证正确，如果几何有错误，比如有非常细长的面片（最长比最小大于1000），实体几何之间有干涉，即相互重叠，存在自由面片，几何拓扑不完整不连续等等。这些会导致网格划分出现错误，或者网格划分出来也不能用于仿真计算。

2. 几何属性和网格属性的映射。即把几何实体上的所有属性信息也要赋值到网格的属性上。比如材料信息，边界荷载等相关信息。对于复杂的几何，属性查找会带来性能问题，需要在网格划分过程中做好这件事。

3. 几何网格映射参数化。通常情况下我们需要修改几何，由此带来网格的改动。在参数驱动和自动化过程中，几何会多次改动造成整体几何变动以及网格频繁变化，这就要求几何和网格的接口要足够稳定。

4. 网格参数设置。合理的参数设置可以在保证仿真精度的前提下大幅提高仿真效率，目前大部分网格划分需要人工干预，或者进行自适应网格加密等，网格划分参数智能化是一个很有挑战的技术，也是人工智能，深度学习在仿真领域应用的一个技术点。

3. 现状

目前主流的商业三维几何内核商业有ACIS, Parasolid, 这两个三维内核同宗同源，只是两个发展分支，ACIS的Spatial公司被达索收购，而Parasolid经历多次收购现收归西门子。现在的两个商业内核除了加强底层内核功能，ACIS更偏向于CAD/CAE/EDA/CAM等客户应用领域，而Parasolid更偏向于加强西门子自身业务的支撑，在CAD功能上，Parasolid要优于ACIS。

目前市面上的大多数三维CAD软件，和拥有三维几何造型仿真软件几何内核都采用ACIS或者Parasolid。

目前开源的几何内核有法国公司推出的Opencascade，对于小型项目的开发是个不错的选择。

<https://www.opencascade.com/>

国内的中望，广联达公司拥有自主开发的三维几何内核，主要用作支撑其自身业务。

不少开源类库都有其自己的几何定义，但是仅仅用作自己业务，没有通用性，算不上几何内核，比如Gmsh, CGAL等等。

俄罗斯作为一个科技大国，自然也有其开发的几何内核，但是技术生态圈封闭，在和主流CAD软件数据文件交互中问题不少，开发的话只能用其部分功能。

4. 作为仿真类公司，有无必要开发几何内核

从笔者自身开发经验看，如果长期在自己的仿真领域深钻，几何内核开发是绕不开的。

笔者用过ACIS/Parasolid/OCC，并有过开发几何内核的经验。但从表面上看，几何内核开发没有太多技术瓶颈，已有的功能需求都有解决方案，但实际问题是几何内核涉及的内容过多，而且作为底层技术支持，对稳定性，可靠性要求非常高，短期内无法开发出像样的产品，所以开发几何内核需要经过实际迭代，长期技术积累，研发前期投入巨大。

前面讲过BRep结构就类似瑞士军刀，似乎什么都能做，但对于很多业务来说，数据冗余度很高。根据自身业务定义几何拓扑结构更高效，比如Solibri公司的产品，通过自定义三维几何结构，将解析显示三维IFC文件做到了全球最快，如果使用ACIS的话，时间是其几十倍。

而类似OCC的开源产品，无论从功能，稳定性，性能上，都难以用于大规模的实际商用，而且一旦出了问题，几乎没有解决方法。

在当前国内大力自主发展技术，知识产权保护趋严的背景下，几何内核作为工业软件的一项基本底层技术，应该被拿到产业链的战略地位上来，否则永远只能在国外产品基础上开发，利润大头送给他人。

阅读: null

在看: null