

仿真软件网格功能开发

原创 www.cae-sim.com [多物理场仿真技术](#)

收录于合集 #仿真研发工具 25个

网格是多物理场仿真分析中很重要的一个因素，从技术方面考虑：

1. 网格的数量影响到求解的精度和效率
2. 网格的质量影响到求解的精度（网格单元是否畸形，网格密度是否合理）
3. 网格的阶次影响到计算精度
4. 不同分析类型对网格类型要求不同（相同的几何，流体，热，结构所需要的网格不同）
5. 复杂几何网格错误难以检查。

从以下几个方面介绍前处理器中的网格开发

1. [网格生成算法](#)
2. [网格类型与质量检查](#)
3. [网格加密/自适应网格划分](#)
4. [网格显示](#)
5. [网格开源工具](#)
6. [网格商业工具](#)

1. 网格生成

结构化网格：

结构化网格具有统一的拓扑结构，区域可以划分为规则的单元，节点之间有规律的索引。结构化单元只适合于求解模型简单，几何规则的情况。结构化网格算法也比较简单很容易实现。

例如对一个六面体实体划分网格，在其中一个面上划分四边形，然后沿垂直该面方向上扫略即可生成规则的六面体网格。

非结构化网格：

大部分工程案例几何都不规则，网格需要使用非结构化网格。

常用的算法有：Delaunay三角形算法，波前法(Advancing front method)，映射(Mapping)方法，分治法，四叉树/八叉树。具体可参考

《Mesh Generation》一书

网格工具与几何接口：

网格划分的对象是几何，因此需要定义好几何和网格工具的接口，即几何数据以何种方式传给网格工具。通常网格划分需要点线和边的数据，对于Nonmanifold几何，还需要提供公共部分的属性，比如相邻的面需要设置成double-side以方便网格工具识别。

网格参数：

网格参数的确定与调整，在开发过程中，网格的默认参数确定是一项比较繁琐的工作，没有哪个网格算法或者工具能够保证完全生成高质量的网格，尤其对于通用CAE软件，开发专业的CAE软件可能还好一点。需要找到高效的调试手段，保证网格生成的稳定和质量

2. 网格类型与网格质量检查

按形状分：

常用面网格：三角形/四边形；

常用体网格：四面体/六面体/金字塔/；

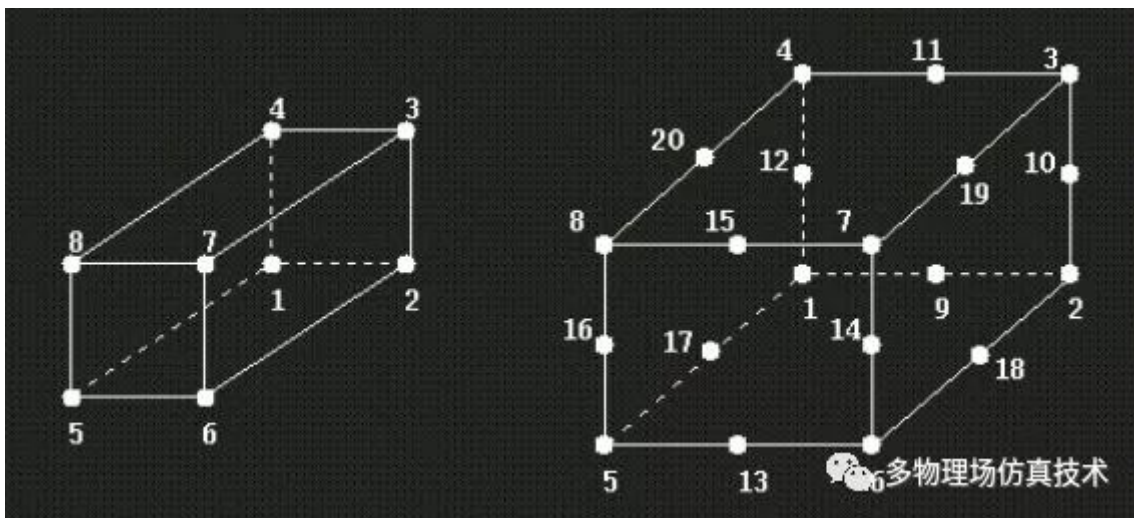
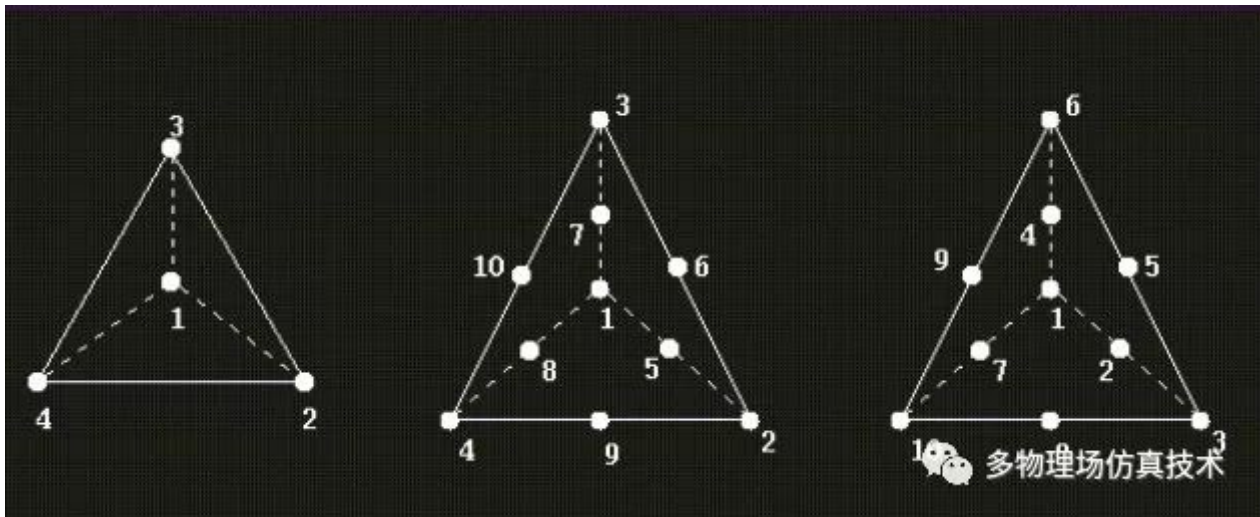
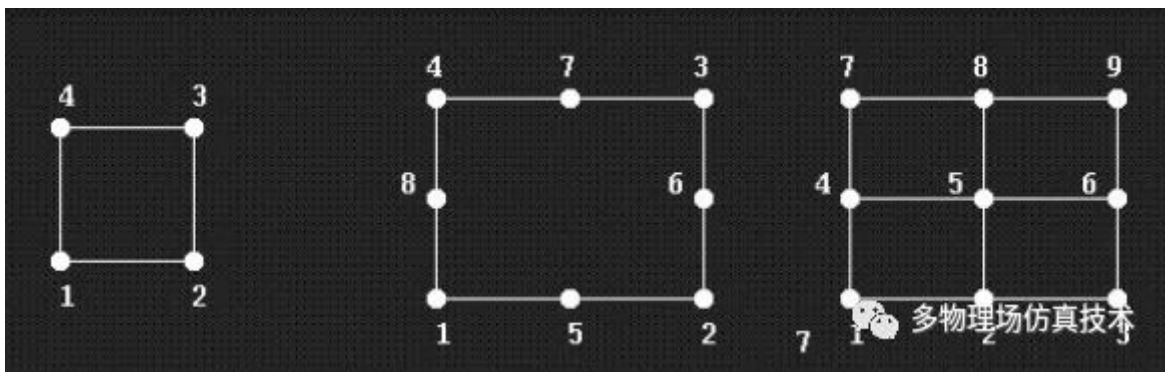
按阶次分：

线性：每条边只有两个点；

二阶：每条边上中点有一个点；

多阶：每条边上中点有多个点；

几种常见类型网格：



质量检查：

网格质量直接影响到求解器求解的精度。差的网格甚至有可能导致求解器计算失败。

下面介绍一下常用的网格质量检查指标：

Aspect Ration(纵横比)：最长边与最短边的比值

Jacobian：雅克比值反映了单元偏离理想形状的程度，取值范围从0-1，取值越高网格质量越好。

Skew (扭曲度)： $=90 - \text{Min}(A1, B1)$ 其中A1 B1为单元中心线与底边夹角 $A1 + B1 = 180$

Warpage (翘曲角) :

Tetra Collapse (四面体坍塌比) = $\text{Min} (H/\text{Sqrt}(\text{Area})) / 1.24$;

H为定点到对面的高度, Area为定点对面的面积, 0为完全坍塌, 1为正四面体。

由于一般网格数据量很大, 通常调试网格质量做法是:生成网格后,转化为常用CAE软件网格文件格式, 比如*.bdf, *.inp等, 然后导入到HyperMesh中, 检查网格质量。

3. 网格加密/自适应网格划分:

参考附录1-5:

FEA精度之网格加密(4)--ICEM网格质量分析;

FEA精度之网格加密(3)--HFSS网格质量分析;

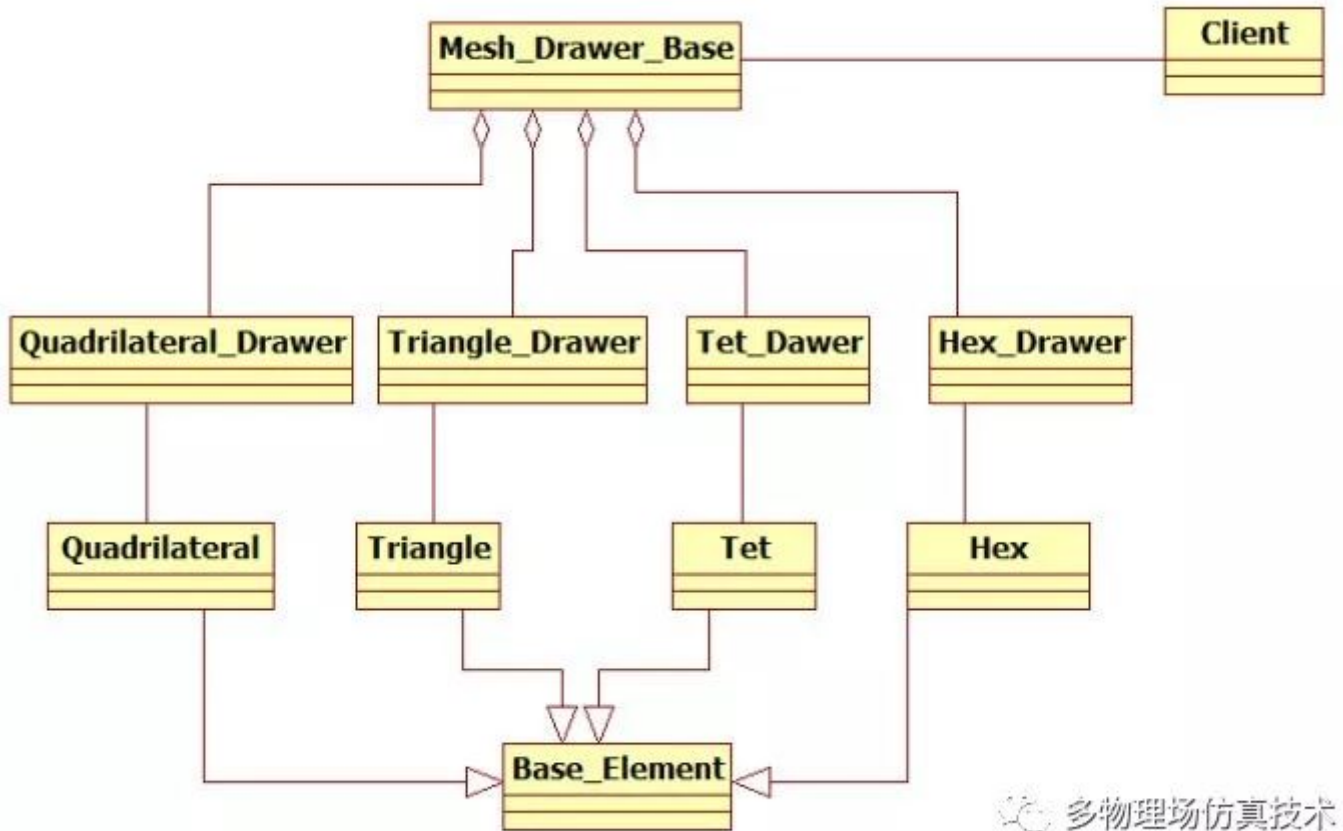
FEA精度之局部网格加密(3);

FEA精度之局部网格加密 (2) ;

FEA精度之网格加密 (1) ;

4.网格显示:

在有网格数据后, 需要显示网格。网格的显示很容易实现, 主要是结构的物理设计要注意一下。网格的数据结构可以使用公共组件的定义。定义如下结构:



多物理场仿真技术

网格数据结构仍然和单元数据结构保持一致，针对不同的单元设计不同的显示网格类，调用方只需调用Mesh_Drawer_Base接口。这样即能与有限元网格数据兼容，也实现了网格数据与显示的解耦，方便了整个结构的模块化。

5. 开源网格工具：

这里讨论的是能用于实际工程的开源工具，做研究和学术的工具不在之列。

开源的划分网格的工具箱很多，信手拈来就可以有一大串，但大部分的开源网格工具不是很难用，就是网格质量差，或是复杂几何划分不出来。以下介绍几个难易和实用程度都不错的开源网格工具：

Gmsh

<http://www.geuz.org/gmsh/>

Gmsh是一个自动的三维有限元网格生成器，并带有CAD生成功能和后处理器。支持三角形，四边形，四面体，六面体，三菱柱，金字塔形等。Gmsh生成的网格质量比起商业网格引擎毫不逊色。自带脚本生成几何的功能也为研发提供了不少便利，省去了利用商业CAD软件建模的开销。Gmsh提供可直接调用的Binary，也提供了源码。核心算法用C++实现。

TetGen

<http://www.wias-berlin.de/software/tetgen/>

TetGen是一个在德国的中国人写的生成四面体网格生成工具。考虑到目前大部分网格都是三角形和四面体，TetGen的从网格生成效率和质量，都相当不错。

NetGen

<http://www.netgen-toolbox.org/>

CGAL

<http://www.cgal.org/>

CGAL全称是Computational Geometry Algorithms Library。

网格划分只是其中一部分功能。作为一个通用的算法几何库，在网格生成功能方面也有相当的参考和实用价值。

以上几种工具不仅是自己用的比较顺手，在国外也被很多科研单位作为研发工具。

6. 商业网格工具：

这里介绍的商业网格工具是指用于研发的网格引擎，而不是划分网格的产品。以下几款都是本人用过的商业网格工具：

Distene

<http://www.meshgems.com/>

PTC，Ansys最新划分网格的工具。

特点：API接口调用简单，划分质量和效率都相当高。

缺点：不便宜

VKI

[www.vki.com\](http://www.vki.com)

很多商业CAE软件划分网格工具，包括Ansys,Nastran.

特点：接口齐全，与商业CAD和商业CAE软件网格接口齐全。

缺点：不能生成六面体。

Simmetrix

[www.simmetrix.com\](http://www.simmetrix.com)

很多中小CAE软件划分网格工具。

特点：模块齐全，几何，网格，仿真都有涉及。

MeshChecker是独立开发的一款网格查看和质量检查工具，运行于windows平台：

1. 支持导入Abaqus inp, Nastran bdf, Ansys cdb, stl, unv等格式文件；
2. 支持大部分网格质量检查标准；
3. 支持三角形，四边形，四面体，六面体，楔形，金字塔形等单元；
4. 各种查询标准功能，高亮各种查询单元，高性能的图形显示；
5. 大模型高效支持（100万节点，i5双核，显卡GT-730 PC机上流利显示和操作）；
6. 支持多视图查看网格单元，并支持单个单元的拾取查看，列表方式显示所有单元网格质量数据；