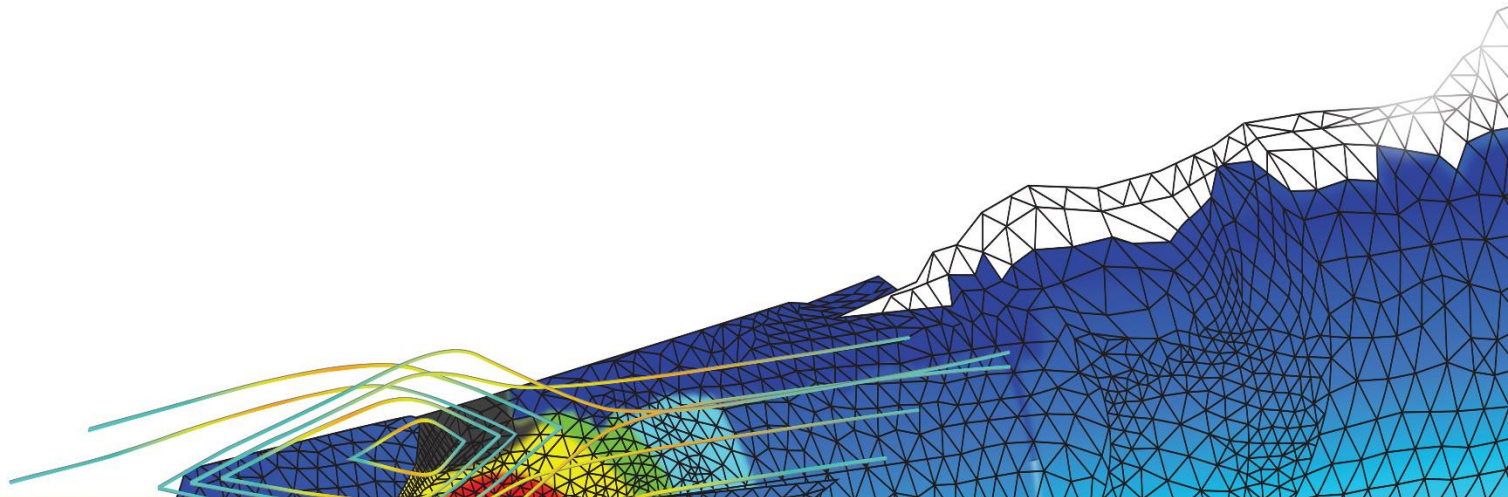


ANSYS®

ICEM CFD结构化网格

刘恩洲



目录

网格的重要性

什么是结构化网格

为什么使用结构化网格

结构化网格的基本剖分思路

基本几何的结构化网格剖分方法

目录

网格的重要性

什么是结构化网格

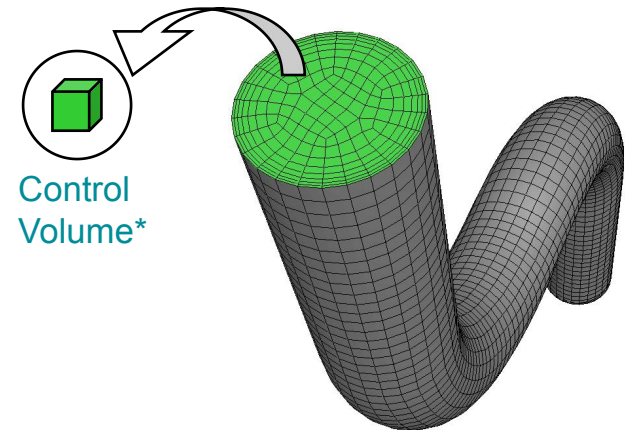
为什么使用结构化网格

结构化网格的基本剖分思路

基本几何的结构化网格剖分方法

网格重要性

- ANSYS CFD 求解器是基于有限体积法的
 - 计算域通过**网格**离散为一系列控制体积
 - 在这些控制体上求解质量、动量、能量、组分等的通用守恒方程



Fluid region of pipe flow is discretized into a finite set of control volumes.

$$\underbrace{\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho \phi dV}_{\text{Unsteady}} + \underbrace{\oint_A \rho \phi \mathbf{V} \cdot d\mathbf{A}}_{\text{Convection}} = \underbrace{\oint_A \Gamma_\phi \nabla \phi \cdot d\mathbf{A}}_{\text{Diffusion}} + \underbrace{\int_V S_\phi dV}_{\text{Generation}}$$

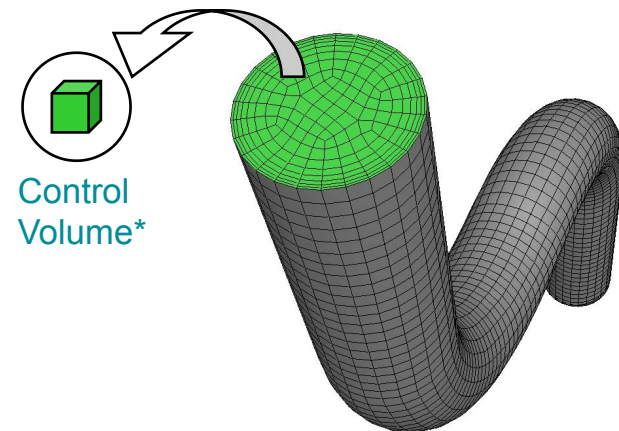
- 偏微分方程组通过**网格**离散为代数方程组
- 用数值方法求解代数方程组以获取流场解

Equation	Variable
Continuity	1
X momentum	u
Y momentum	v
Z momentum	w
Energy	h

* FLUENT control volumes are cell-centered (i.e. they correspond directly with the mesh) while CFX control volumes are node-centered

网格重要性

- 网格质量影响CFD计算精度
 - 当网格和流动方向一致时，四边形/六面体网格能减少数值扩散，提高计算精度
 - 物理量梯度变化较大处需要通过网格加密来捕捉
- 网格质量决定CFD收敛性
 - 高网格质量更易收敛
 - 高网格质量收敛速度更快
- 网格数量决定CFD计算速度
 - 用尽量少的网格精确捕捉物理量变化，提高计算速度
- 网格剖分是CFD计算的重要环节！！



目录

网格的重要性

什么是结构化网格

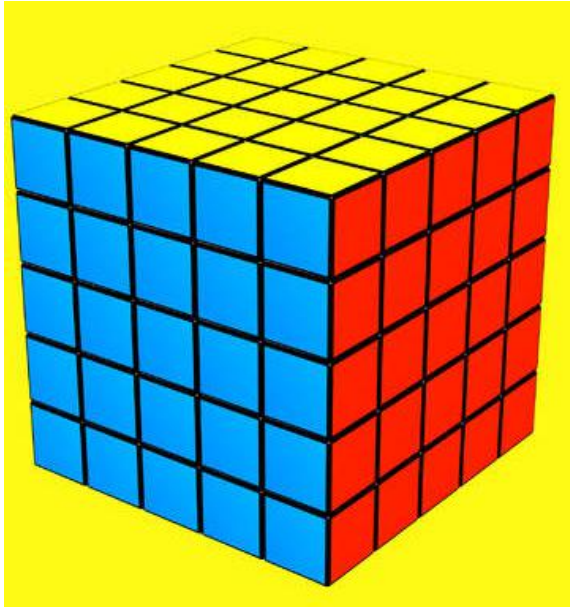
为什么使用结构化网格

结构化网格的基本剖分思路

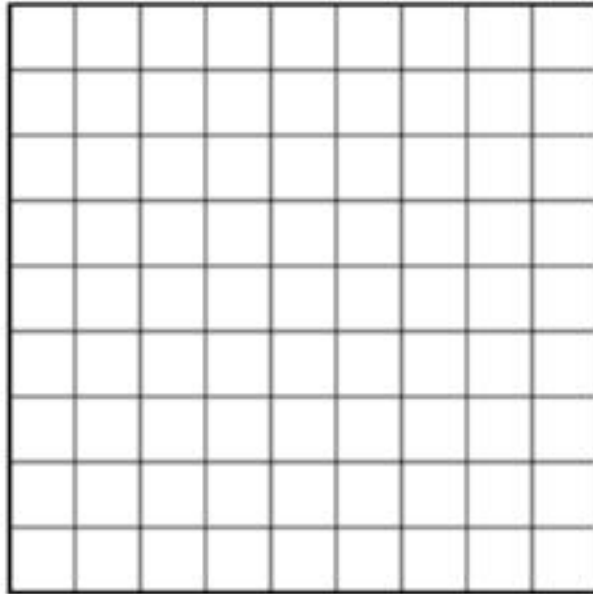
基本几何的结构化网格剖分方法

什么是结构化网格

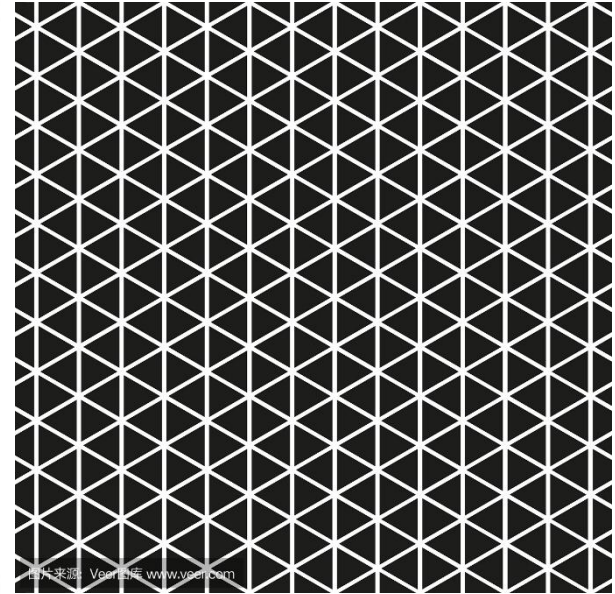
从网格层面讲：结构化网格是节点间具有相同或相似的拓扑结构



六面体



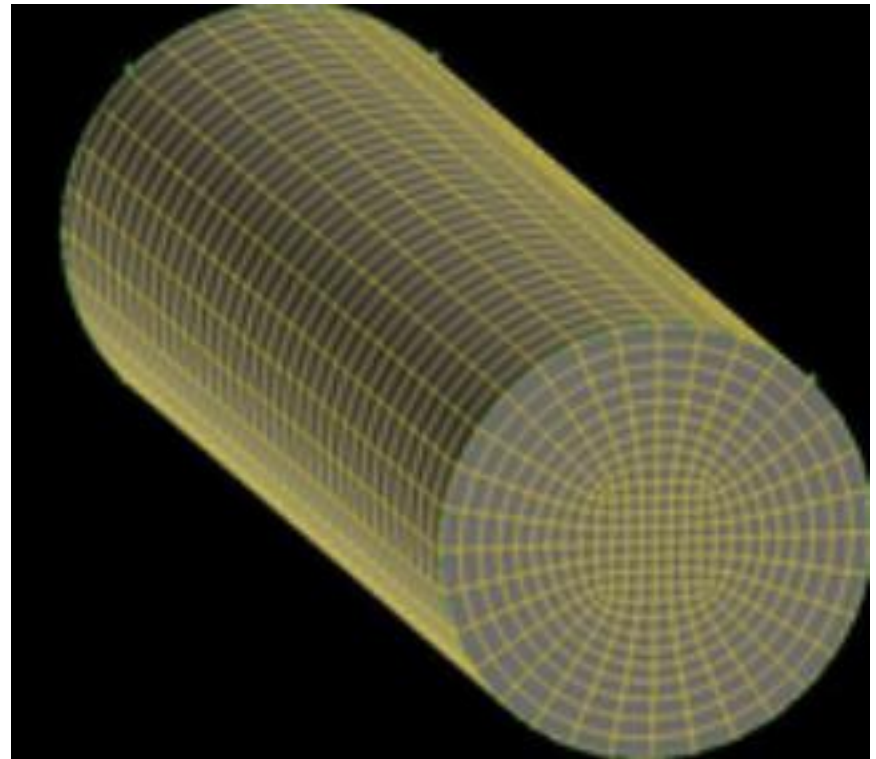
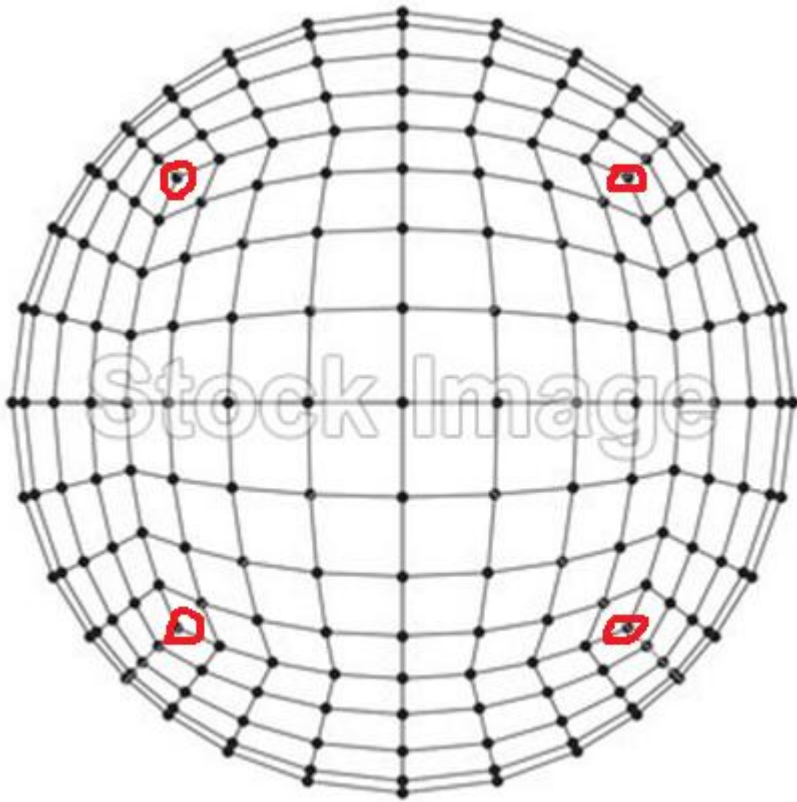
四边形



三角形

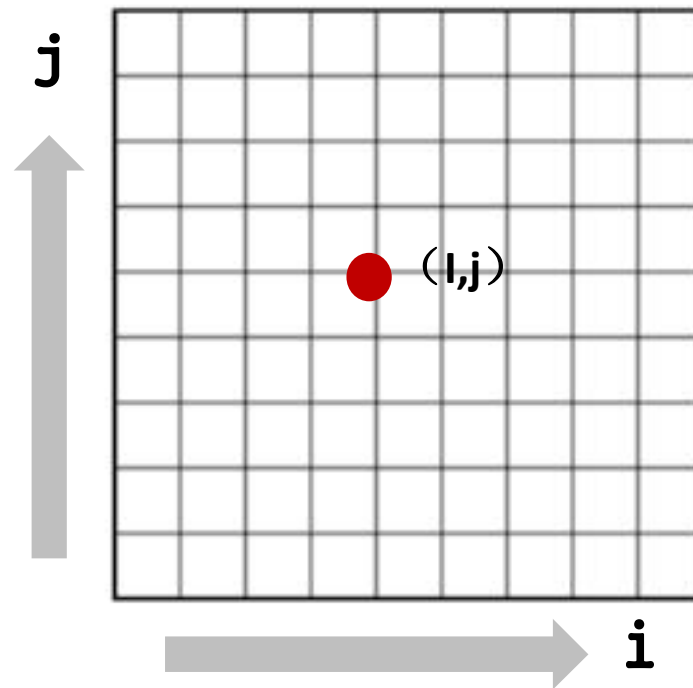
什么是结构化网格

分块结构化网格

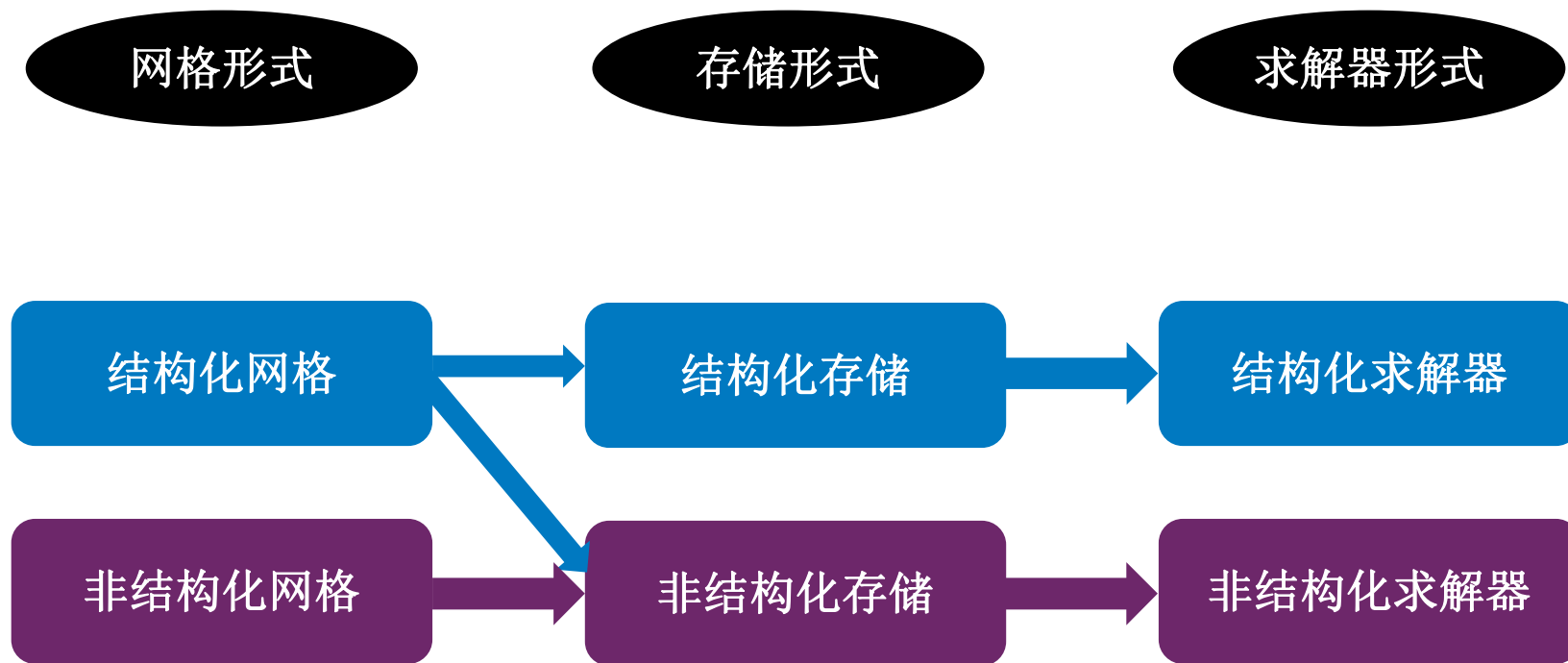


什么是结构化网格

从存储层面讲：结构化网格是以结构化形式存储的网格



什么是结构化网格



目录

网格的重要性

什么是结构化网格

为什么使用结构化网格

结构化网格的基本剖分思路

基本几何的结构化网格剖分方法

为什么使用结构化网格

● 网格质量好计算精度高

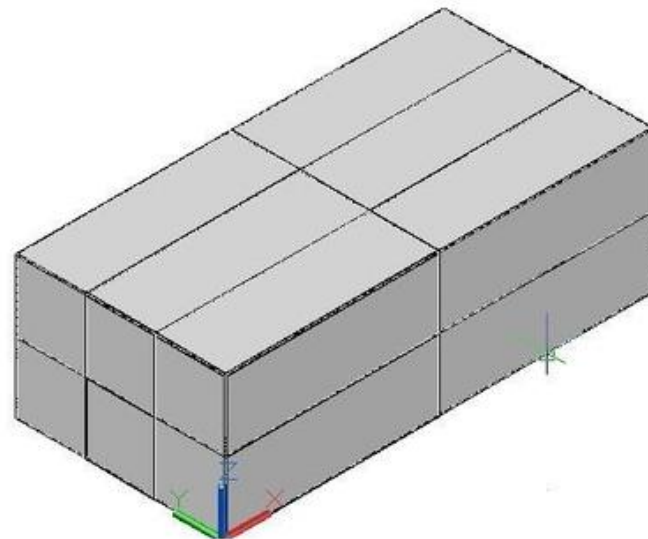
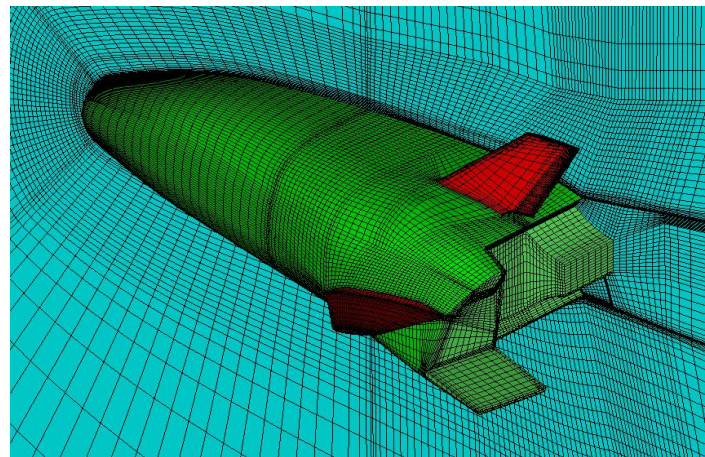
- 结构化拓扑
- 正交性
- 贴体性

● 有利于降低网格单元数

- 可容较大细长比
- 网格尺寸过度迅速
- 更少的网格获得更高精度

● 网格单元尺寸易于控制

- 基于block的尺寸控制
- 具体到节点数目与排布



为什么使用结构化网格

缺点

- 复杂几何难于处理
- 网格处理时间较长

当

- 对精度要求不是非常高
- 模型比较复杂难于拓扑
- 时间急迫无暇处理网格

**请使用非结构化网格
或混合网格**

目录

网格的重要性

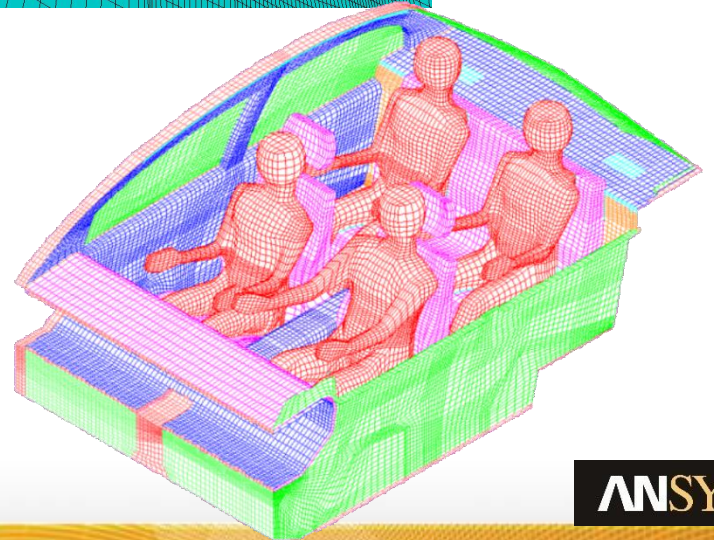
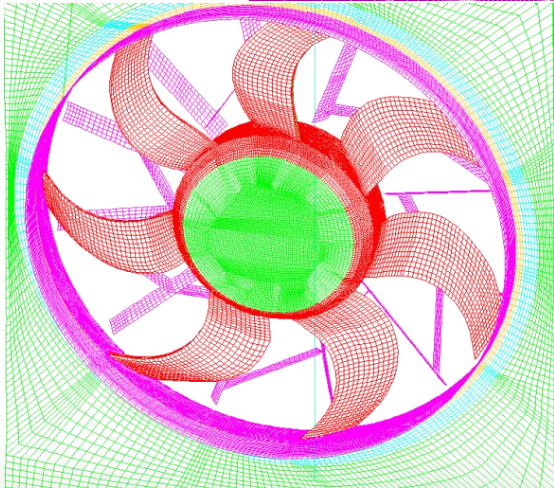
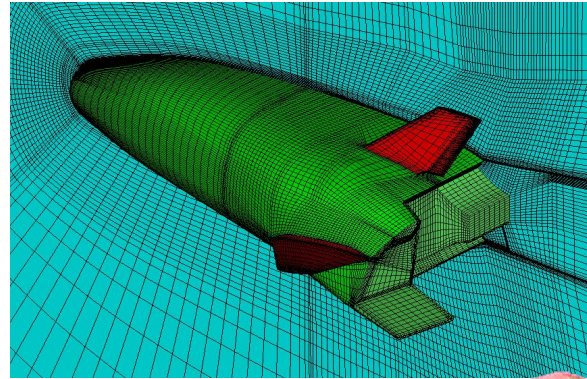
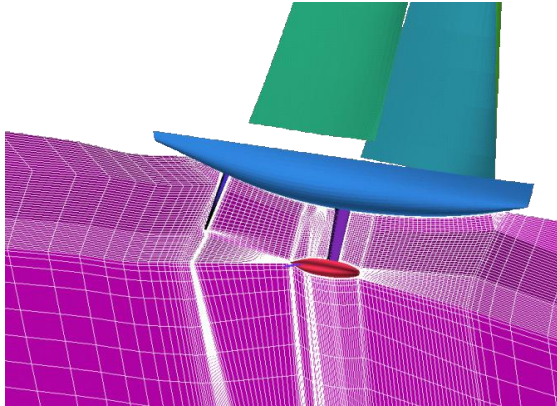
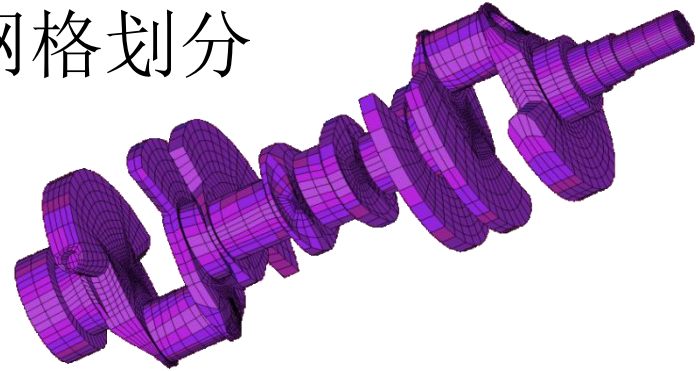
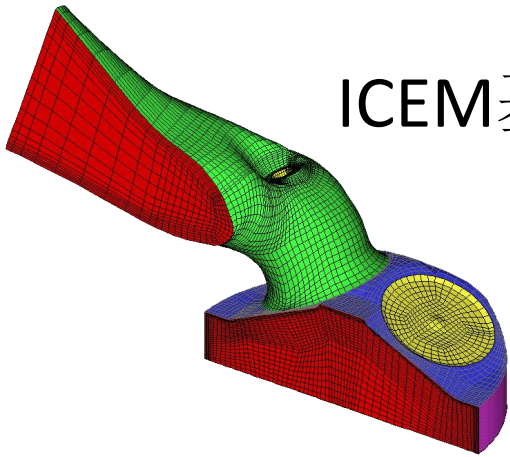
什么是结构化网格

为什么使用结构化网格

结构化网格的基本剖分思路

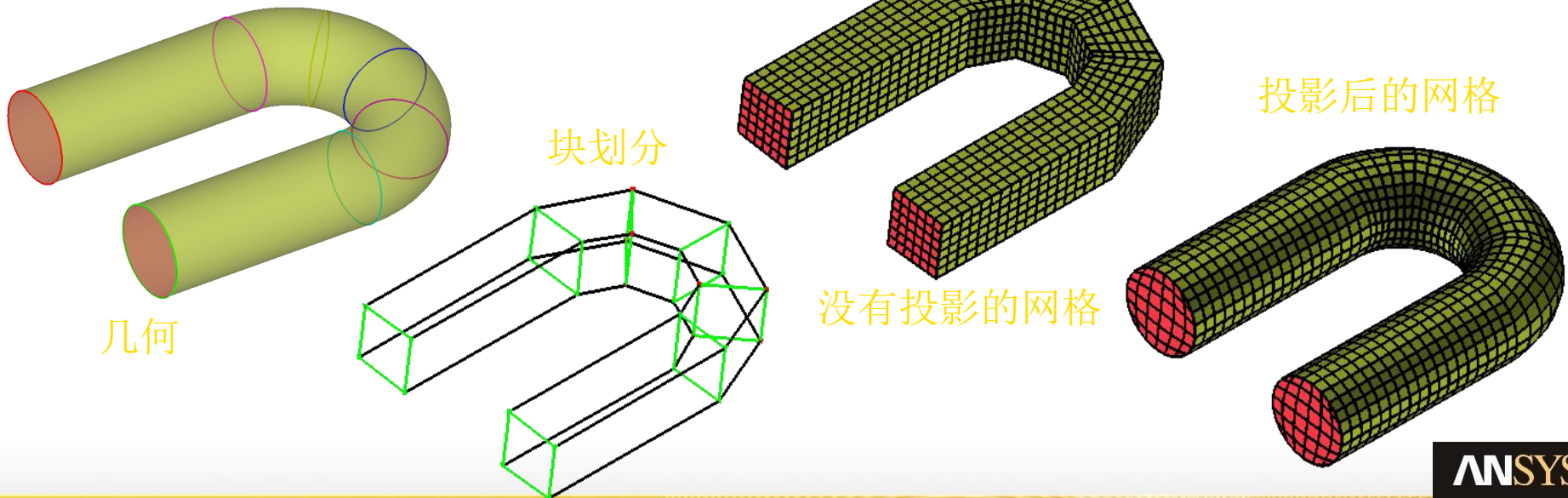
基本几何的结构化网格剖分方法

ICEM基于block的六面体网格划分



什么是块划分?

- 六面体网格通过分块产生
 - 块可以沿着几何切分成贴体形状
 - 每个块很容易生成纯迪卡尔网格
 - 可以实现块沿着曲线的扫略，沿某面可为非结构
 - 块体的面和线会映射到实体上
 - 块独立保存，可以加载到不同的实体上

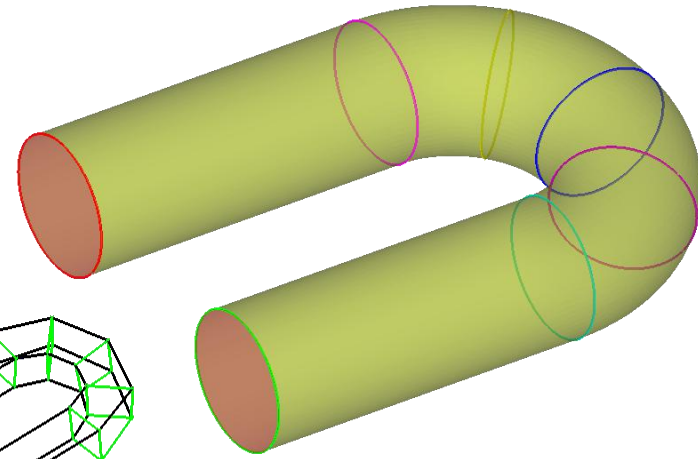
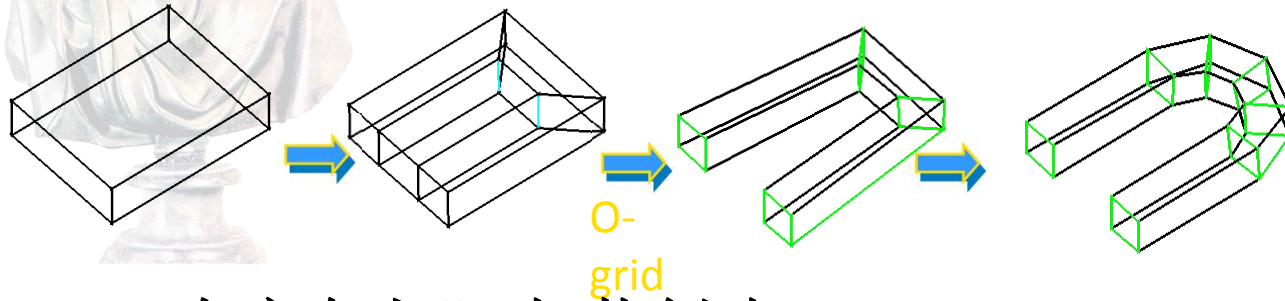


块划分方法 – 自顶向下/自底向上

- 不依赖几何形状创建块 (**block**) 结构

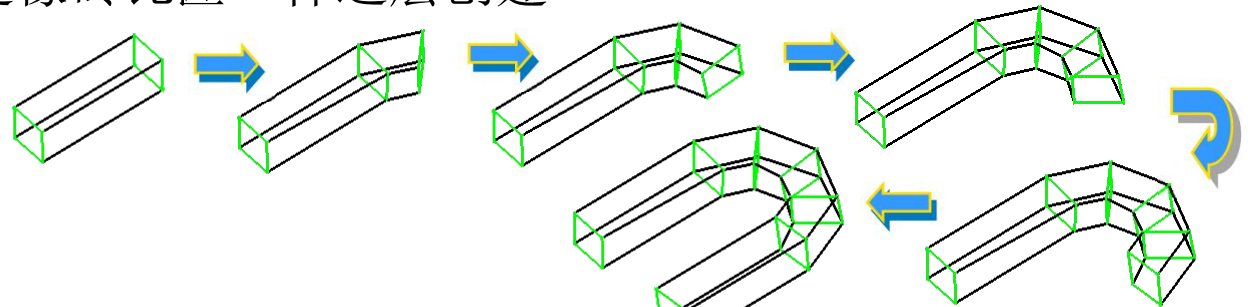
– “自顶向下” 拓扑创建

- 用户将是雕塑家而不是砖瓦匠
- 一步创建高级拓扑结构(*O-grid*)



– “自底向上” 拓扑创建

- 创建块过程将是像砖瓦匠一样逐层创建
 - 创建块
 - 拉伸面
 - 复制拓扑

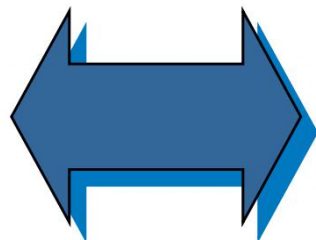


- 可以联合使用自顶向下/由底向上网格拓扑创建技术

几何/块命名

Geometry 几何

- Point 点
- Curve 曲线
- Surface 曲面
- Volume 体

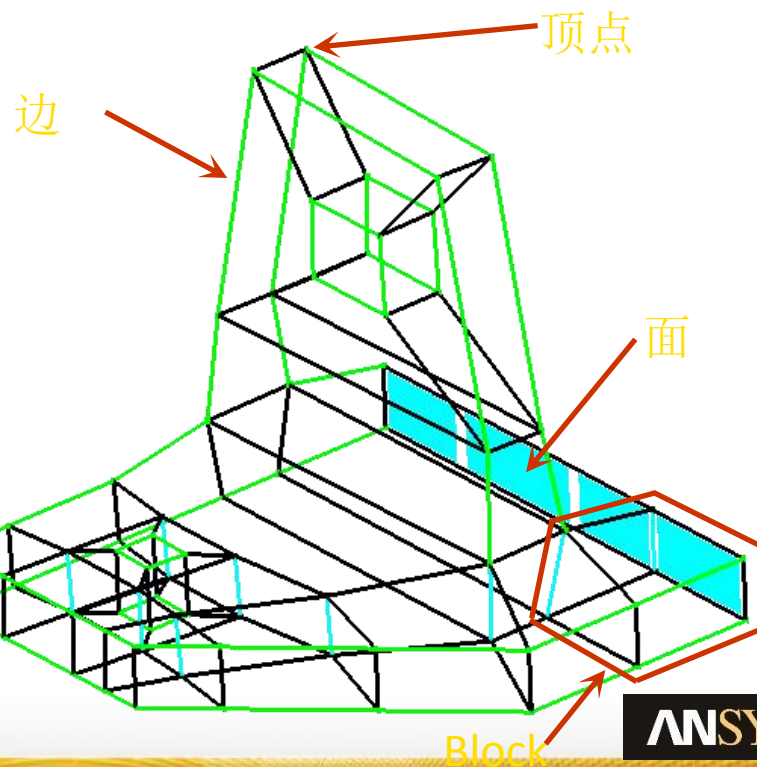
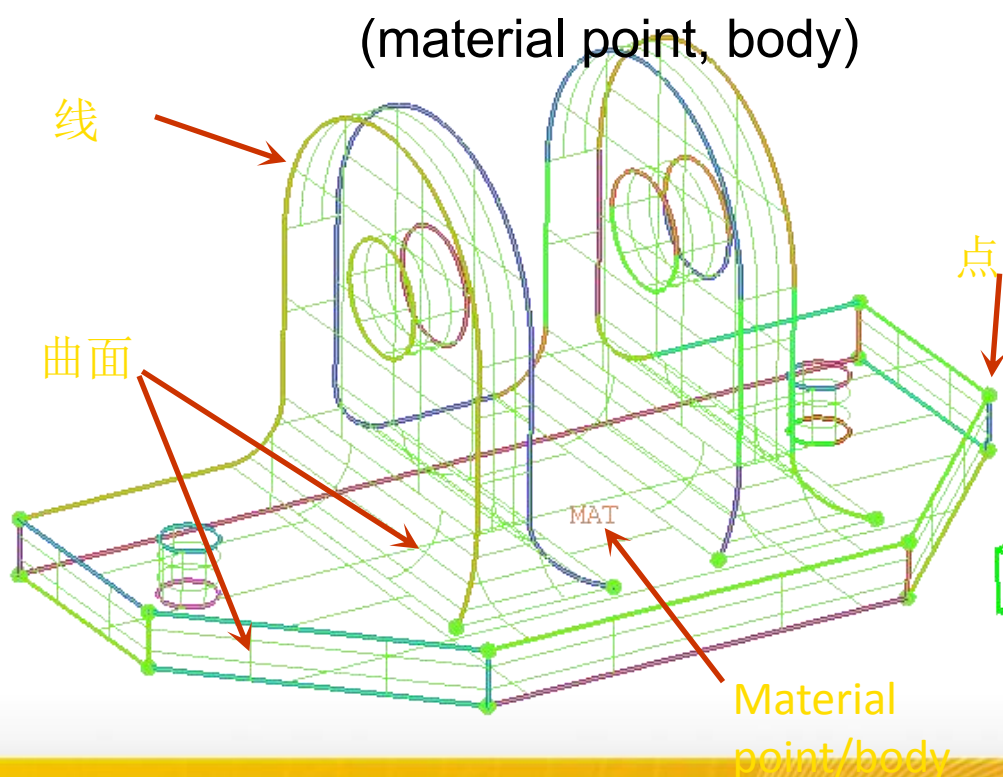


Blocking

- Vertex 顶点
- Edge 边
- Face 面
- Block 块

注意：“curve”
指线, 圆弧, 及
样条曲线

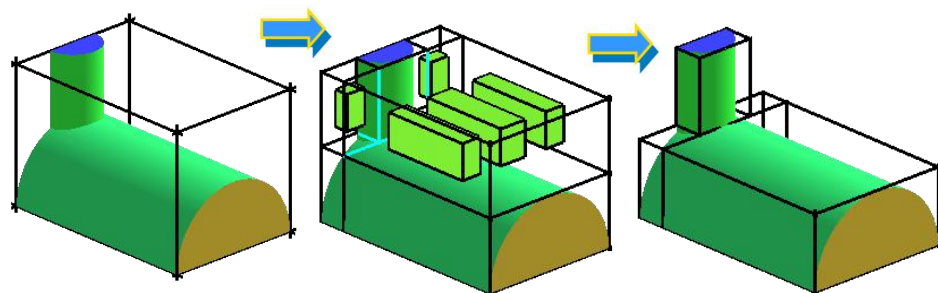
(material point, body)



块划分 - 全部过程

构建能够捕捉几何的块结构

- 自顶向下
 - 分割及舍弃无用的块
- 自底向上
 - 通过拉伸、创建、复制创建块

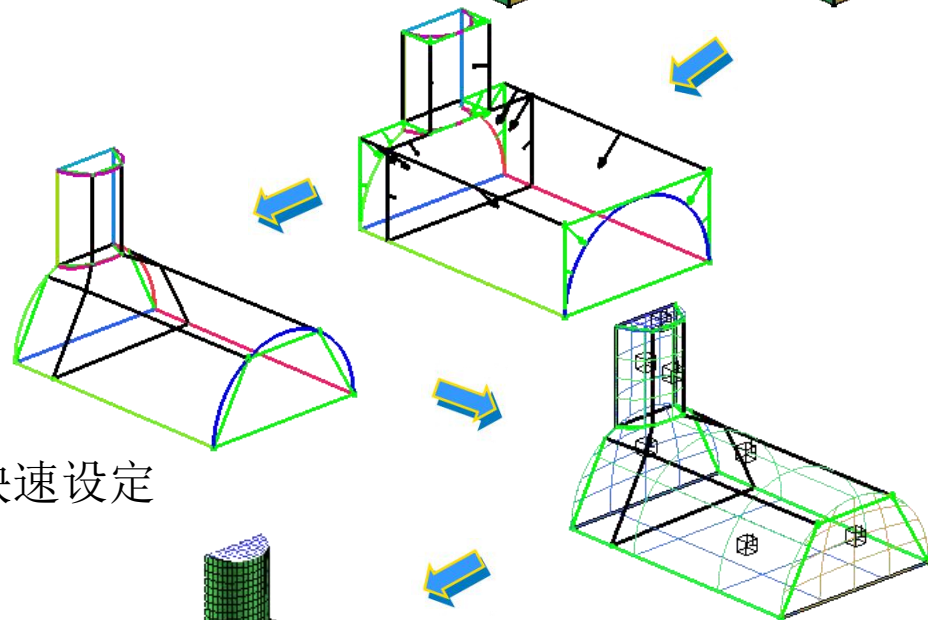


在块和几何之间建立关联

- 通常为边与曲线之间建立关联

在几何体上移动块顶点

- 自动和手动方法

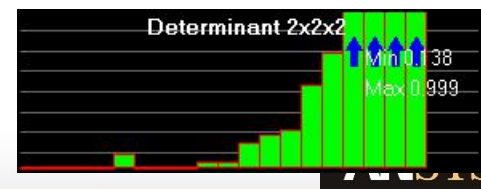
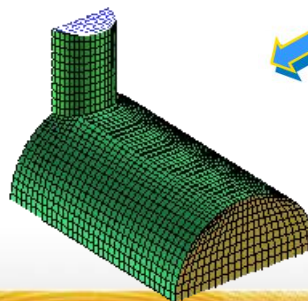


指定网格尺寸

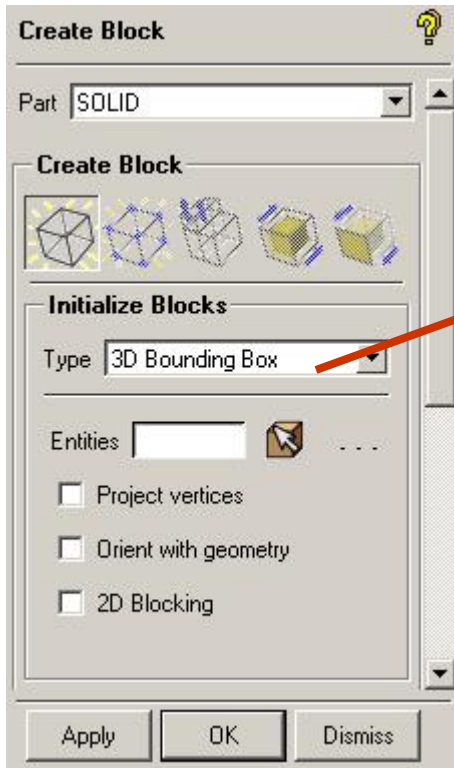
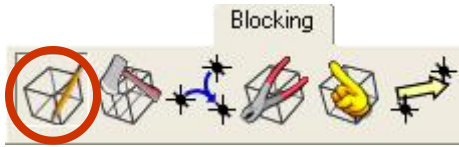
- 通过设置曲面和曲线网格尺寸可快速设定
- 设置边尺寸分布可细化调整

观察网格并检查/提高质量

输出网格



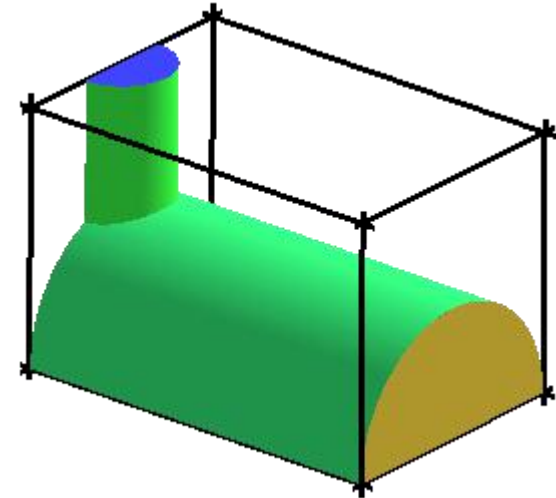
块划分过程 – 初始化网格 – 3D or 2D 平面



创建一个新的块结构, 你必须首先生成一个初始块

– 3D

- 3D 创建的块环绕在几何体周围

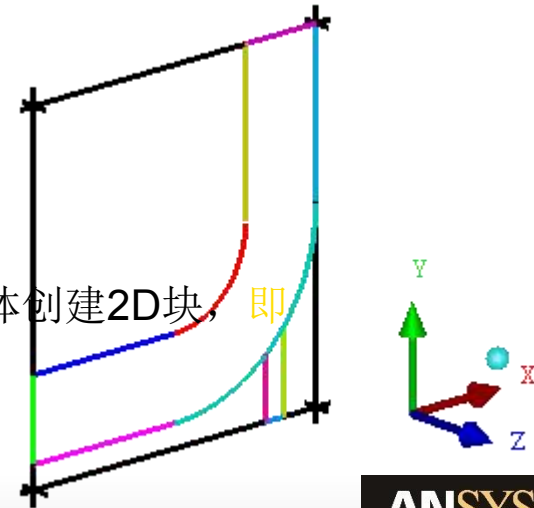


- 3D Bounding Box
- 2D Surface Blocking
- 2D Planar
- 3D Key Point Blocking

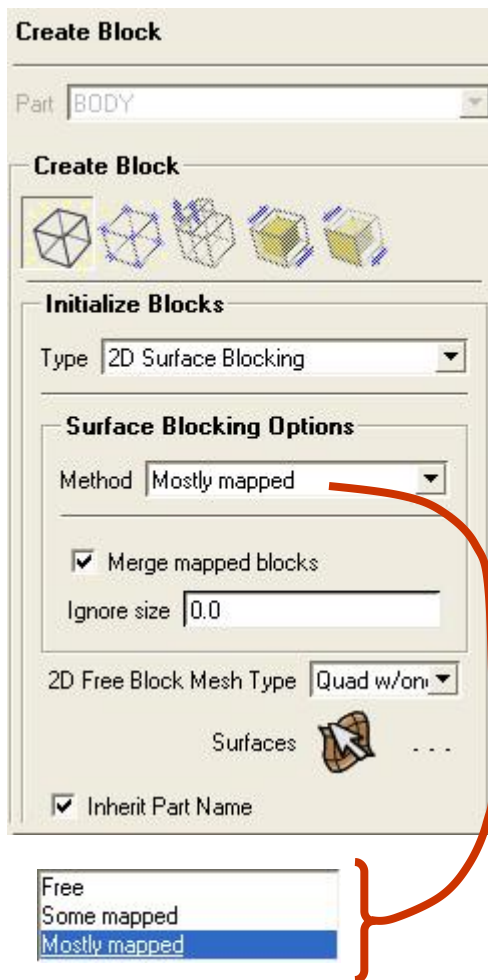
– 2D

– 2D Planar

- 在 $z=0$ 的 xy 平面内环绕2D几何实体创建2D块, 即使几何体不是2D形式
- 并不一定需要2D面

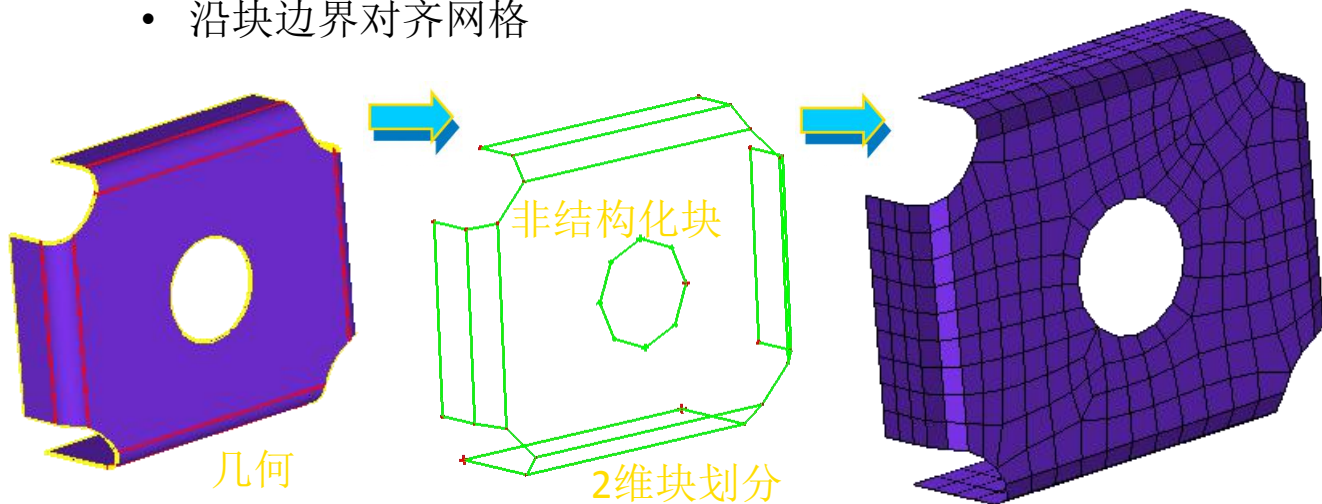


块划分过程 – 初始化网格 – 2D 平面



初始化 2D 将自动为整个几何体创建面块

- 每一个曲面成为一个 2D 块
- Free 块对应于 非结构网格
 - 鲁棒性强
- Mapped 对应结构网格
 - 沿块边界对齐网格

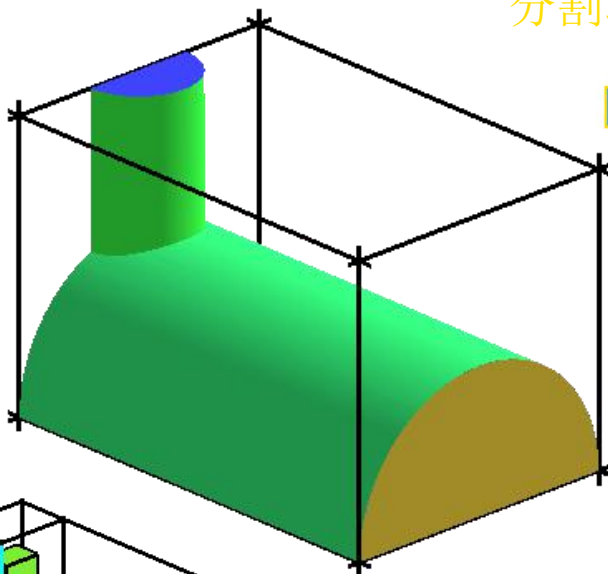


- 必须首先 建立拓扑 **Build Topology**
- 可在非结构(free)和结构(mapped)之间转换: **Edit Block -> Convert Block Type**

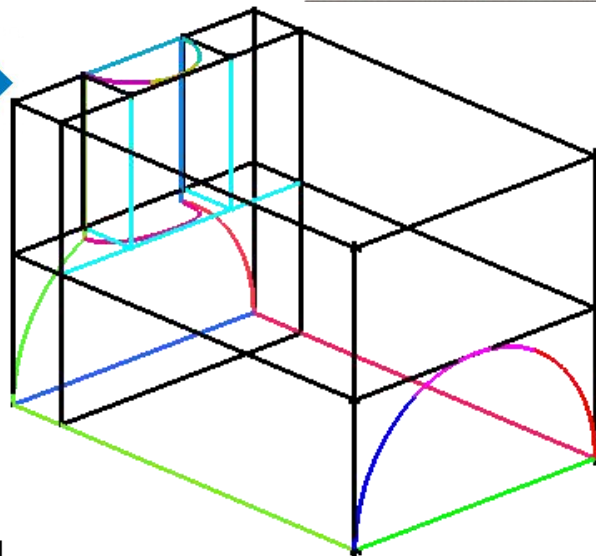
块划分过程 – 构造适应几何的块

自顶向下方法

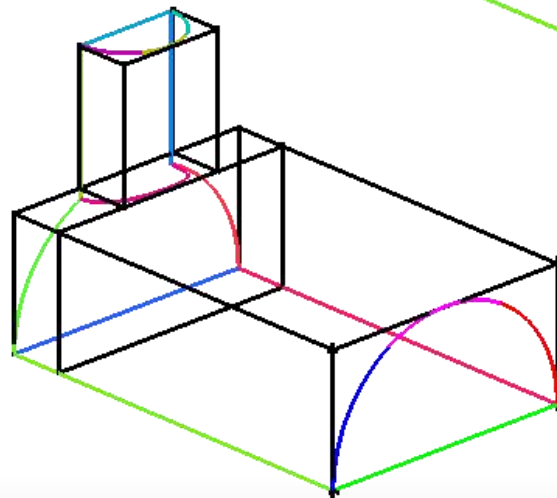
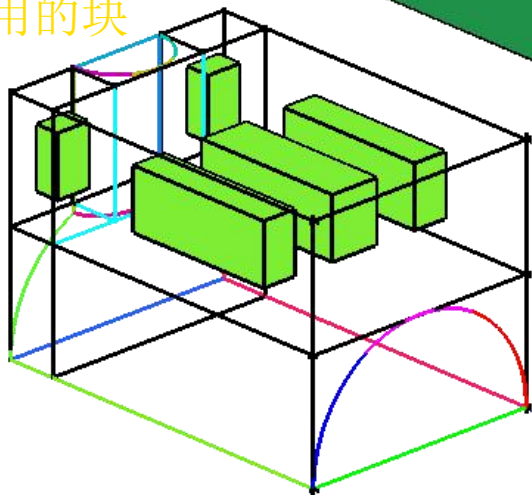
从环绕整个几何体的一个块开始



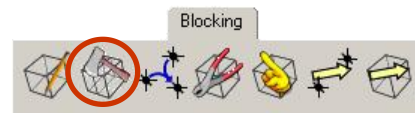
分割块以捕捉几何体形状



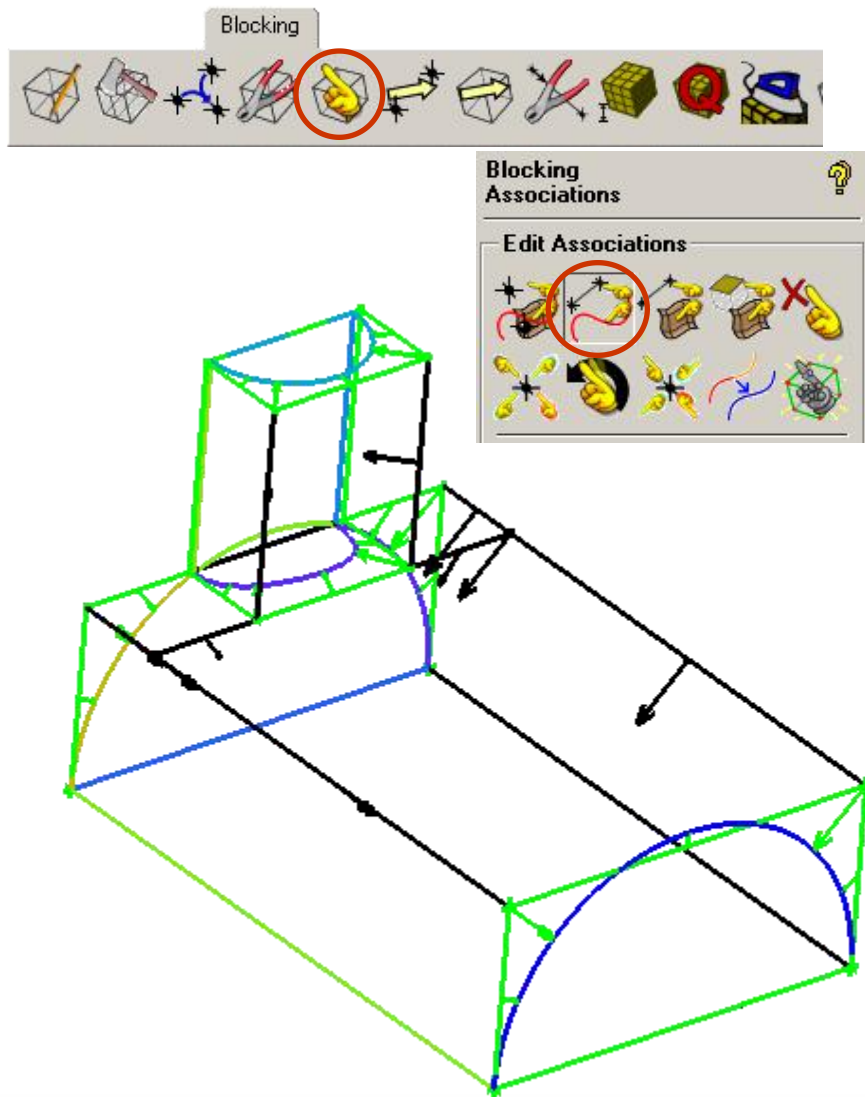
删除无用的块



注意: 缺省情况下, 删除的块将放入 part VORFN, 在后面必要时可以重新使用



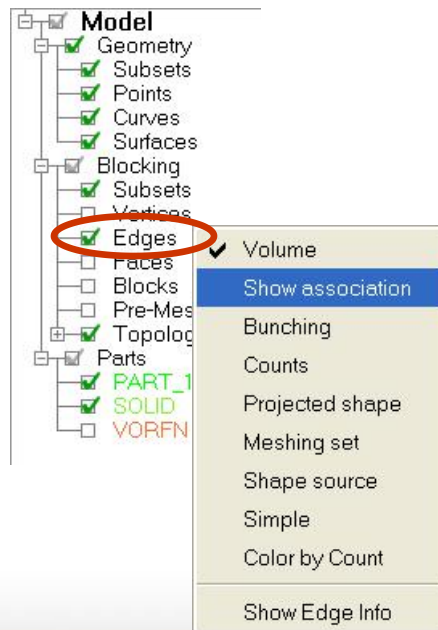
块划分过程- 关联块到几何



关联块到几何体

- 通常在边和曲线建立关联

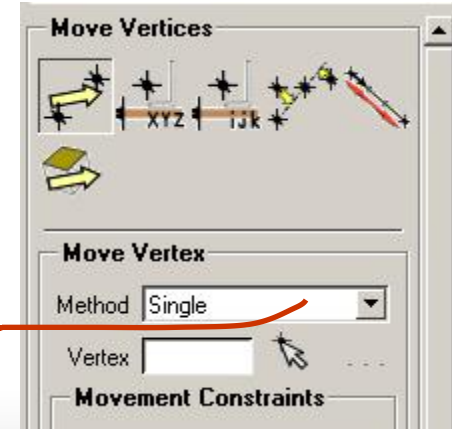
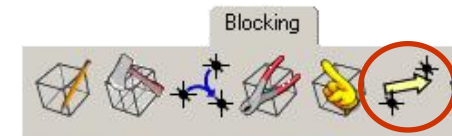
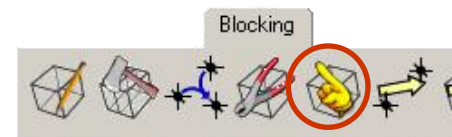
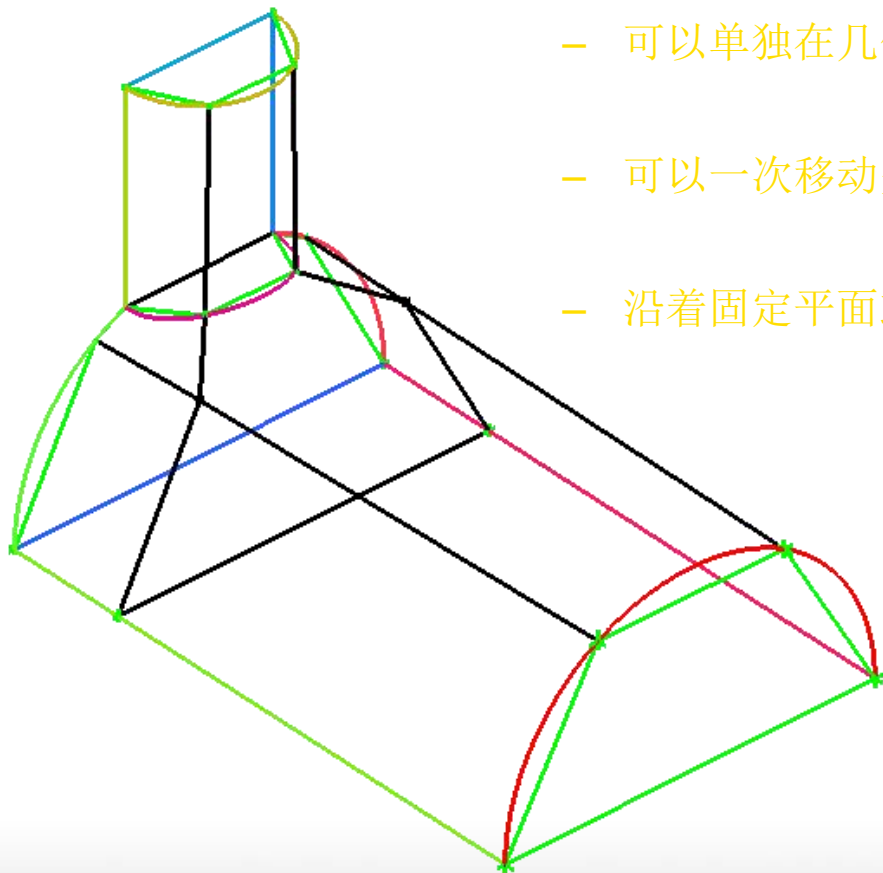
- 在最后的网格中, 边将投影到这些曲线
- 在模型树中右击 **Edges** -> **Show association** 显示关联箭头



块划分过程- 把顶点移动到几何上

移动顶点以更好的表现几何体的形状

- 所有显示的顶点可以立刻投影到几何体
- 可以单独在几何体上移动它们
- 可以一次移动多个
- 沿着固定平面或线/矢量移动



移动不同关联的顶点

颜色表明了关联类型及顶点可以进行的移动方式(边也遵循这一标准, 不包括红色)

- 红

- 约束到几何点 (point)
- 除非改变关联, 否则不可移动

- 绿

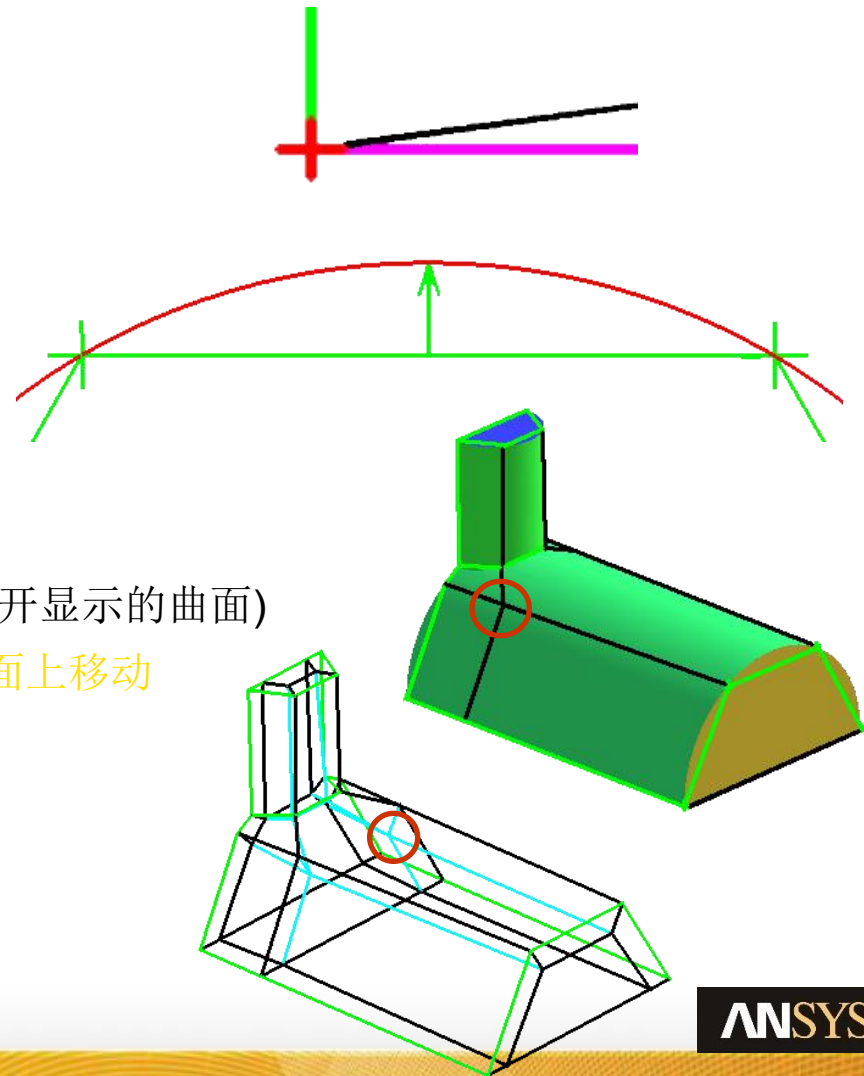
- 约束到曲线 (curve)
- 在特定的曲线上滑动

- 黑

- 约束到曲面 (surfaces)
- 在任何 **ACTIVE** 曲面上滑动 (在模型树中打开显示的曲面)
- 如果不在曲面上, 将跳到最近的**ACTIVE**曲面上移动

- 蓝

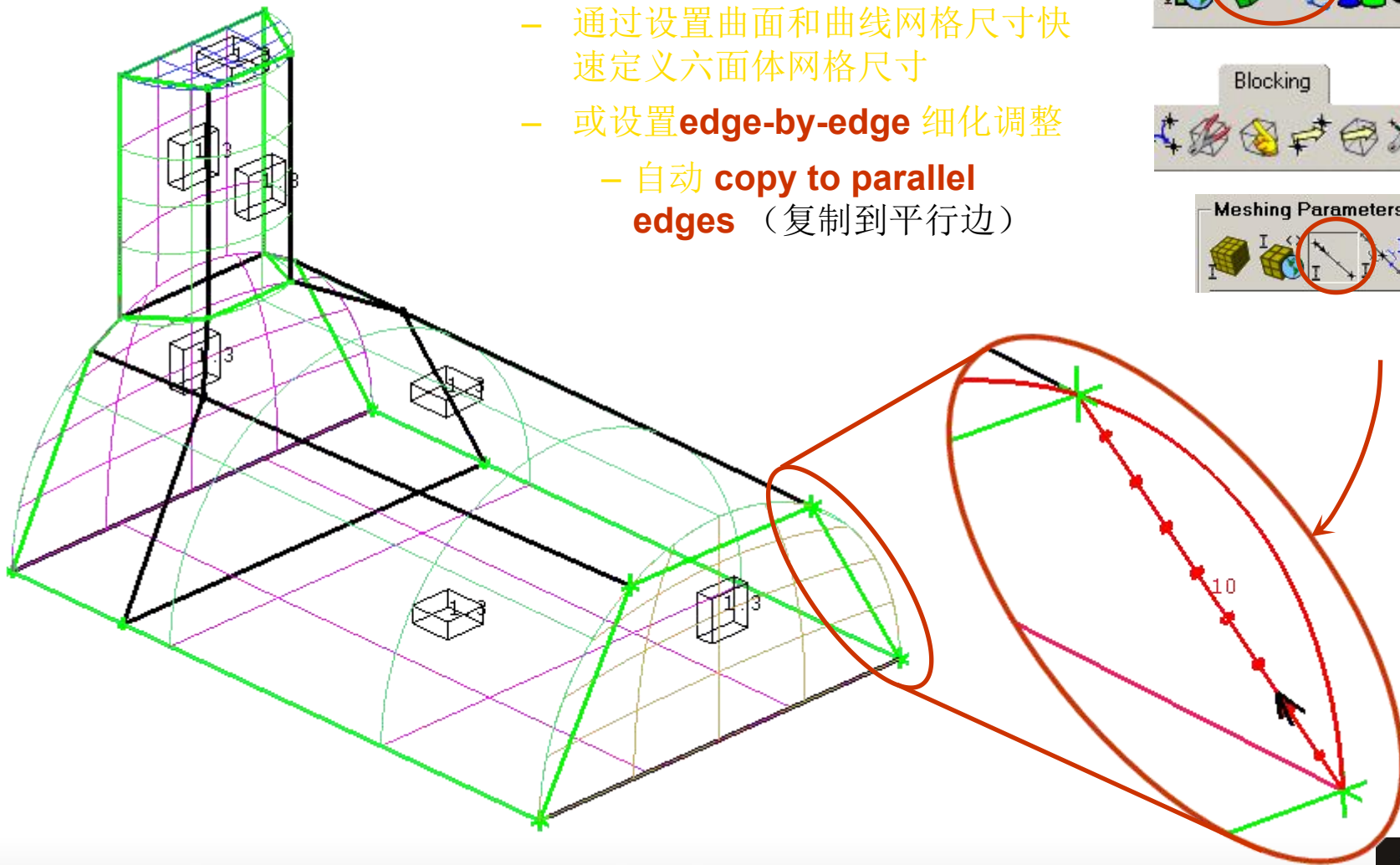
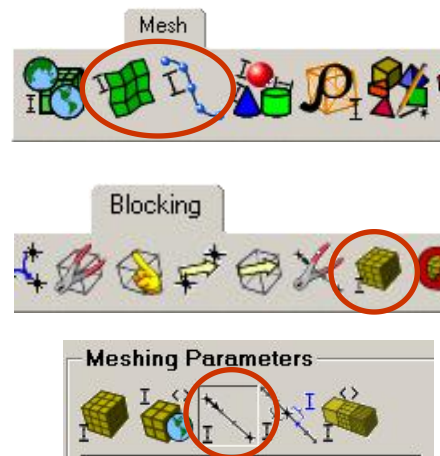
- 自由 (通常是内部) 顶点



块划分过程- 分配网格尺寸

设置网格尺寸

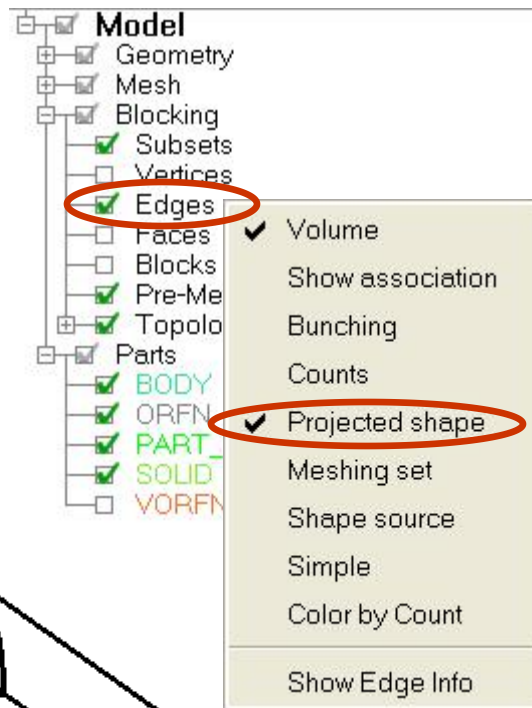
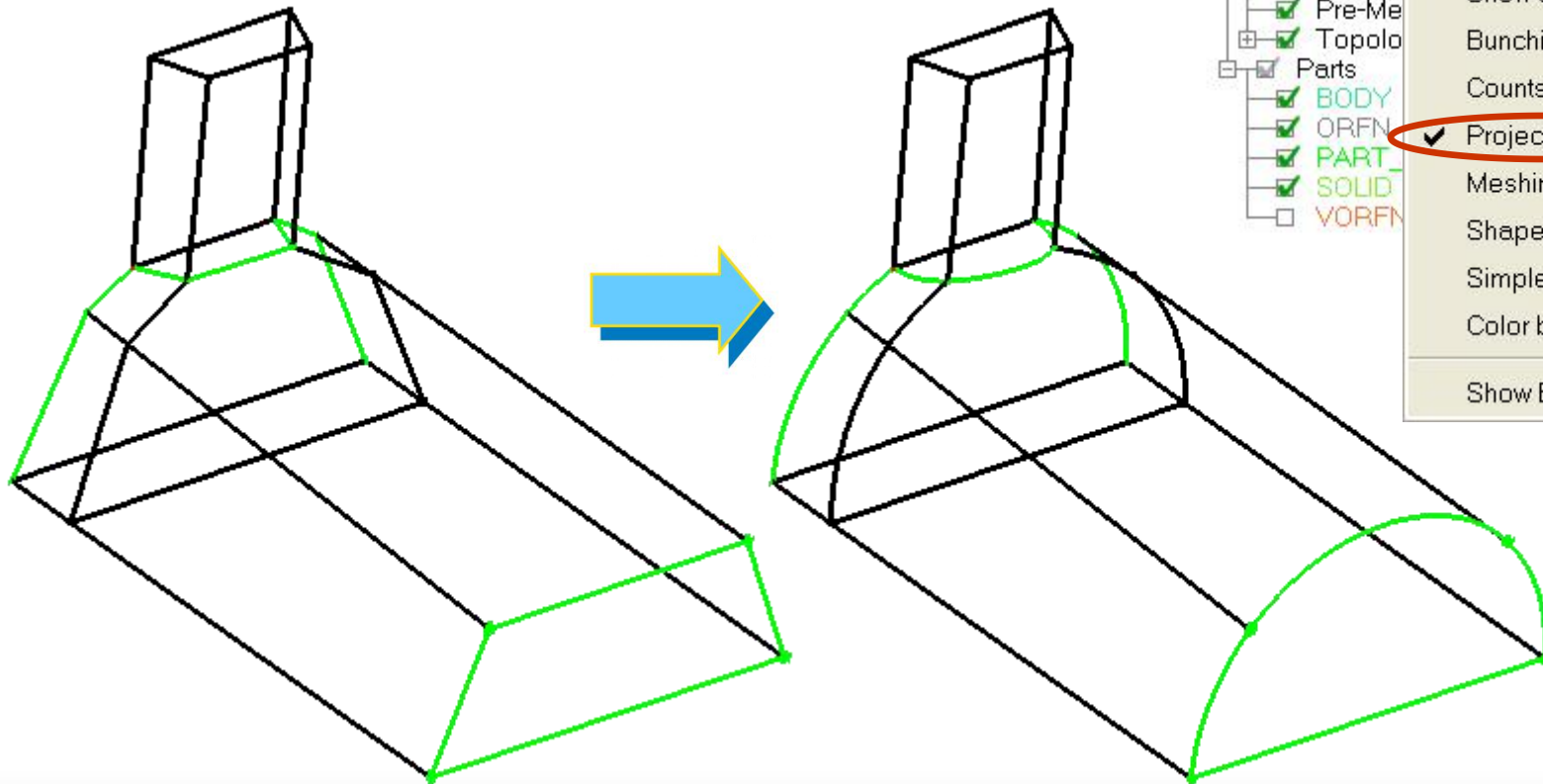
- 通过设置曲面和曲线网格尺寸快速定义六面体网格尺寸
- 或设置 **edge-by-edge** 细化调整
 - 自动 **copy to parallel edges** (复制到平行边)



观察边的投影形状

网格生成后右击 **Edges** -> **Projected shape** 观察边投影形状

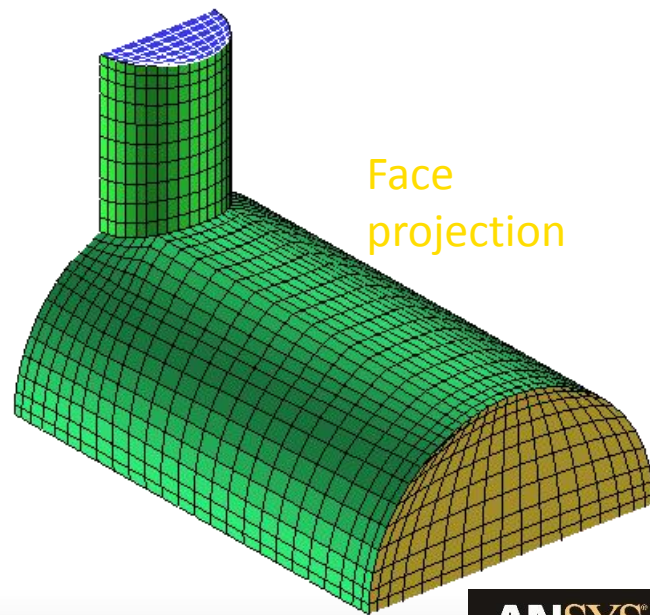
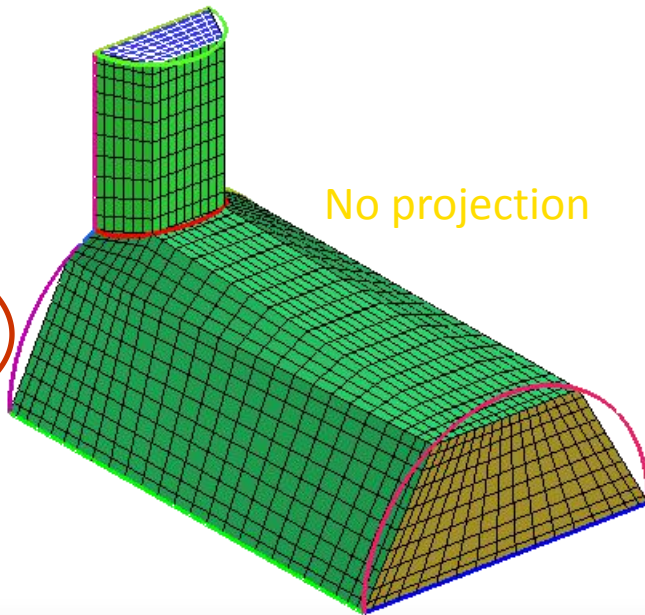
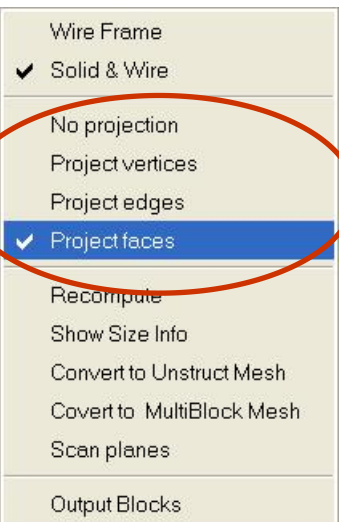
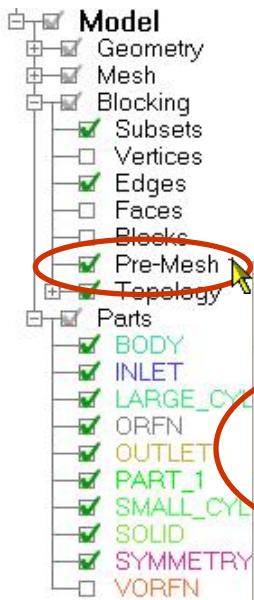
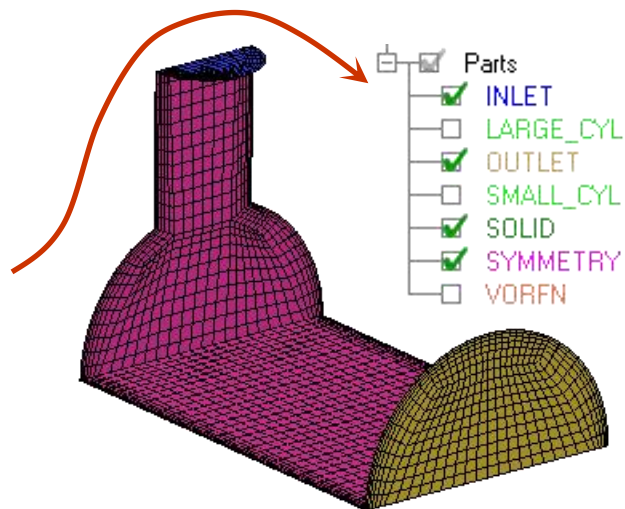
- 首先设置网格尺寸, 并计算生成网格, 因为实际上只是将每条边上的网格点移动到在网格中最后的位置



块划分过程- 察看网格

观察网格

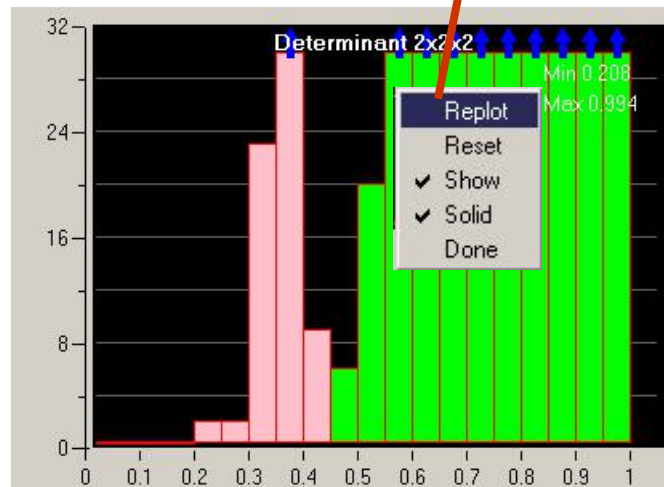
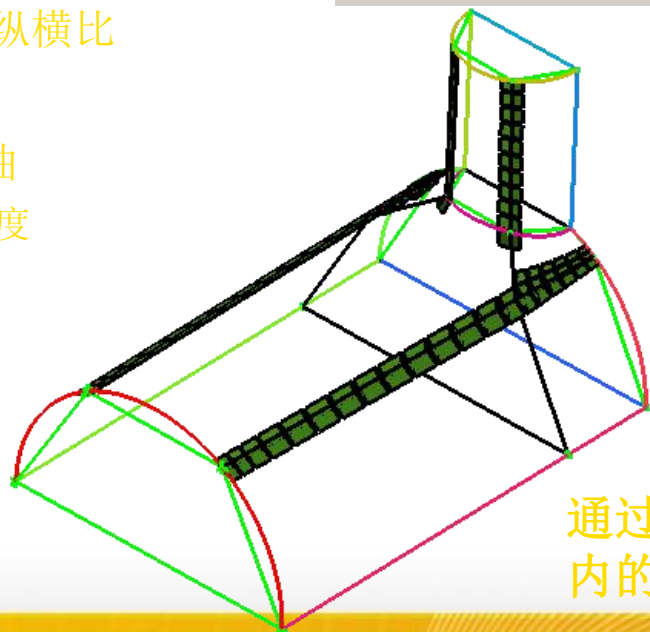
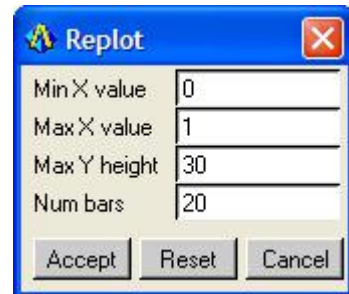
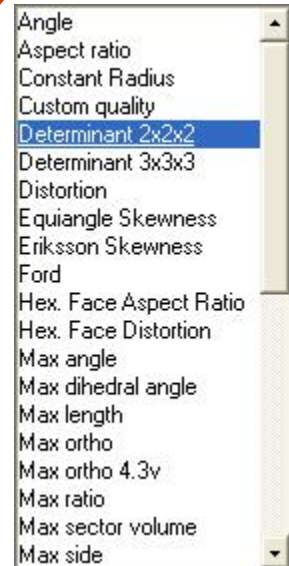
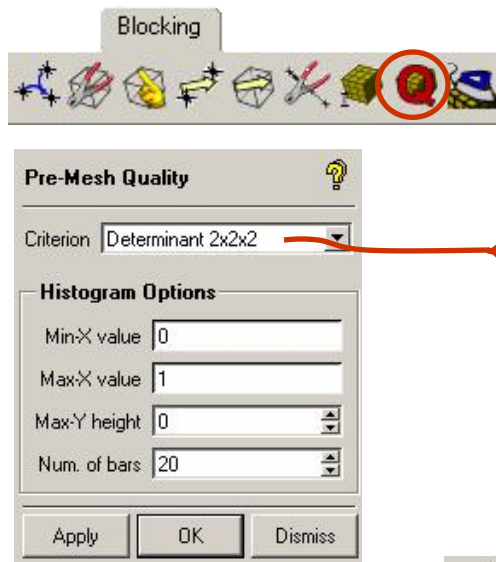
- 可以在过程任何时期创建网格
- 网格有不同的投影方法
- 选择 **Projection faces** 可以完全描绘几何体
- 通过在模型树中打开 **Part** 观察指定曲面的网格
- 使用 **Scan planes** 观察内部网格



块划分过程- 检查质量

使用网格质量直方图

- **Determinant** 决定指标
 - 测量单元变形
 - 大部分求解器接受 > 0.1
 - 争取 > 0.2
- **Angle** 角度
 - 单元最小内角
 - 争取 > 18 度
- **Aspect ratio** 纵横比
- **Volume** 体积
- **Warpage** 扭曲
 - 争取 < 45 度



通过设置直方图，你可以显示指定质量范围内的网格单元

目录

网格的重要性

什么是结构化网格

为什么使用结构化网格

结构化网格的基本剖分思路

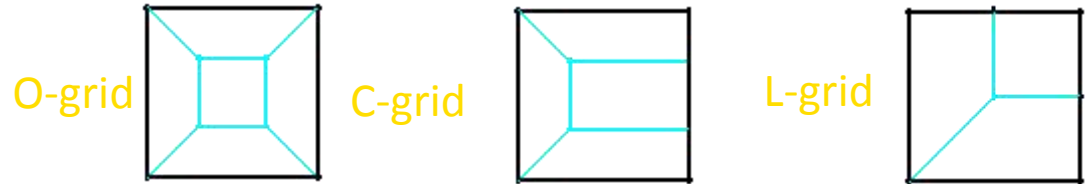
基本几何的结构化网格剖分方法

O-Grids – 定义

O-grid 是一步创建的一系列块结构，排列成 “O” 型或环绕型

– 3 种基本类型，采用相同的操作方法都被称为 “O-grids”

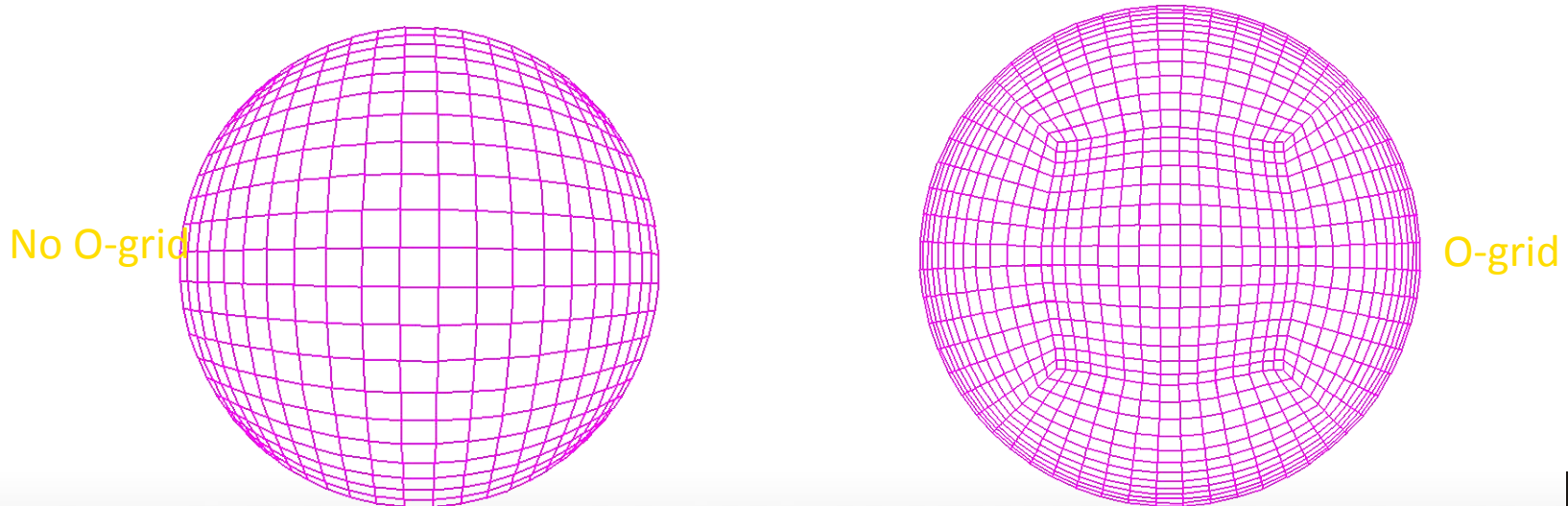
- O-grid
- C-grid (半个 O-grid)
- L-grid (四分之一 O-grid)



– 当块必须位于曲线或曲面上时减少歪斜

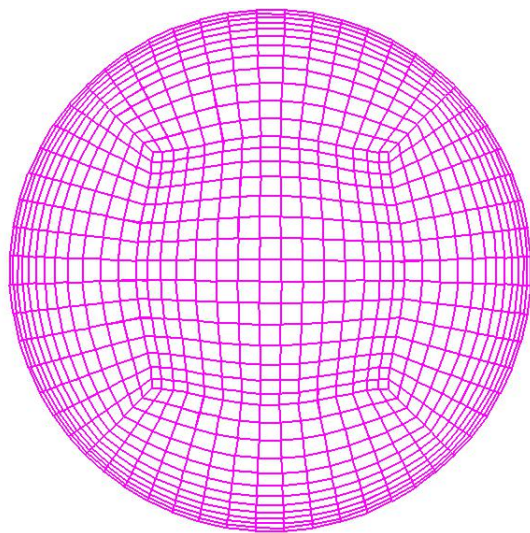
- 圆柱
- 复杂几何

– 提高壁面附近聚集的网格点的效率

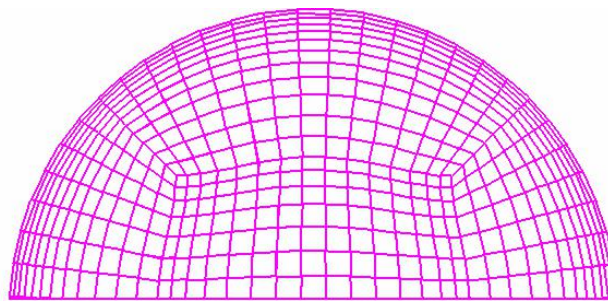


二维O-Grid练习

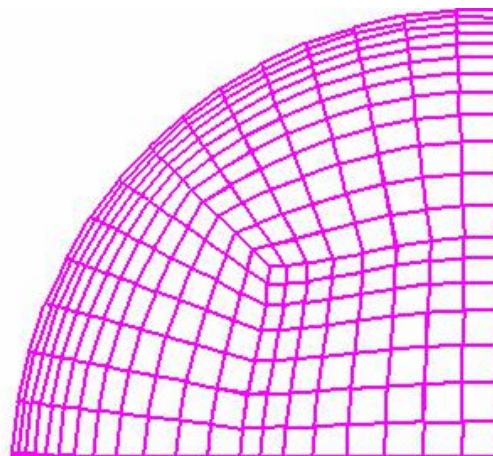
从简单入手



O-grid

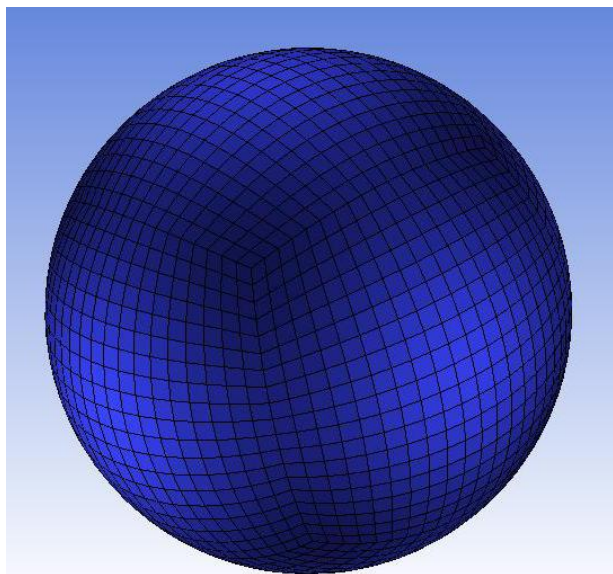


C-grid

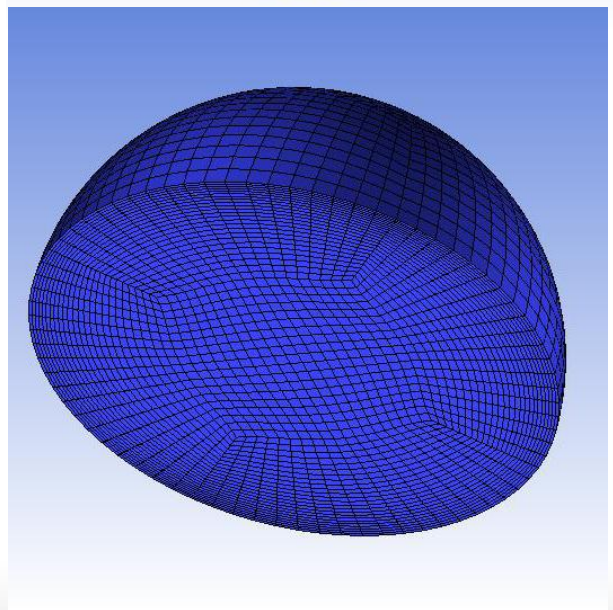


L-grid

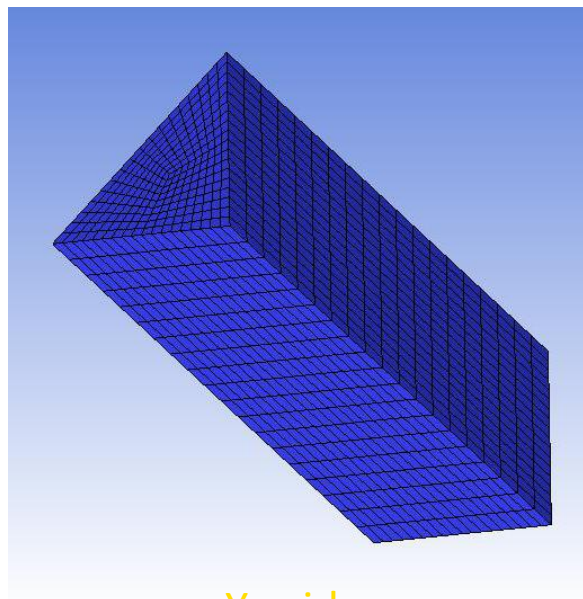
三维练习



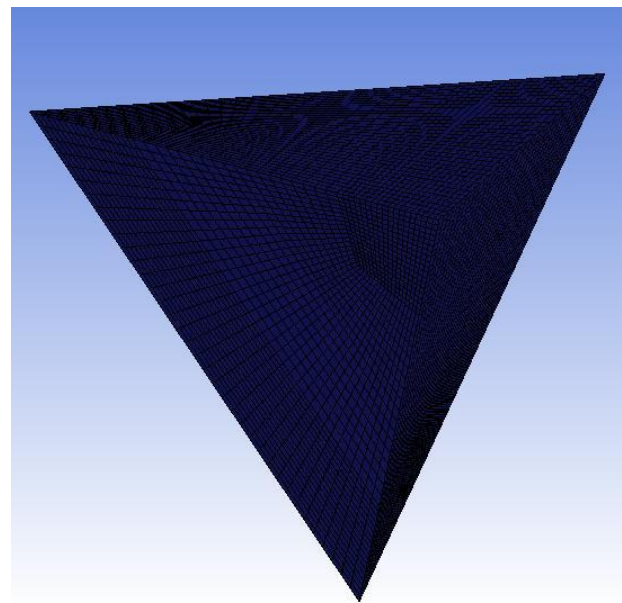
O-grid



C-grid



Y-grid



Y-grid

谢 谢

地址：沈阳安世亚太科技有限公司

邮编：110000

电话：+86-024-23181789

传真：+86-024-23181786

主页：www.peraglobal.com

手机、微信：**13889810524**