

Fluent算例1：交叉管内流动

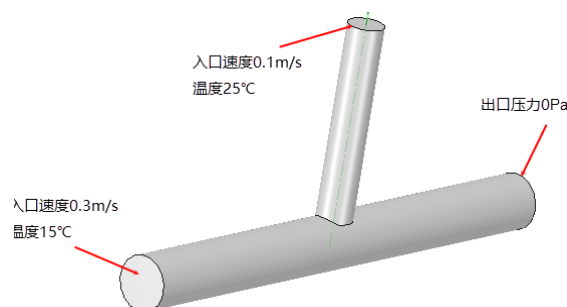
1. 问题描述及分析
 - 1.1 问题描述
 - 1.2 问题分析
2. 几何模型
 - 2.1 建立几何模型
 - 2.2 修改边界区域
3. 网格划分
 - 3.1 模式选择
 - 3.2 划分流程
 - 3.3 导出保存
4. 求解设置
 - 4.1 启动fluent
 - 4.2 导入网格
 - 4.3 General 设置
 - 4.3.1 Mesh
 - 4.3.2 Solver
 - 4.4 Models设置
 - 4.5 Materials设置
 - 4.6 Cell Zone Conditions (设置计算域属性)
 - 4.7 Boundary Conditions(设置边界条件)
 - 4.8 Solution (求解器设置)
 - 4.8.1 Methods (设置模型离散算法)
 - 4.8.2 Controls (设置求解控制参数)
 - 4.8.3 Monitors (监测物理量变化)
 - 4.8.4 Initialization (初始化)
 - 4.9 calculation
 - 4.10 Results of Graphics
 - 4.10.1 壁面温度分布
 - 4.10.2 显示截面物理量
 - 4.10.2.1 创建截面
 - 4.10.2.2 显示截面速度分布
 - 4.10.2.3 显示截面温度分布
 - 4.10.3 速度流线图
 - 4.11 Results of Plots
 - 4.11.1 创建line
 - 4.11.2 显示XY-Plot
 - 4.12 保存文件

Fluent算例1：交叉管内流动

1. 问题描述及分析

1.1 问题描述

两个异径管道相交，分别流入不同温度介质，利用fluent求解介质混合后的状态。其中inlet-left入口速度0.3m/s，温度15°C；inlet-top入口速度0.1m/s，温度25°C；出口压力为0Pa,温度20°C。水平放置的管道，直径为10mm，长度120mm，垂直的管道直径8mm,长度50mm。



1.2 问题分析

- 确定求解思路：
 - 建立几何模型 (solidwork2019+spaceclaim)
 - 划分网格 (fluent meshing)
 - 设置求解----计算----后处理(fluent2020R2)
- 关于几何模型是否需要被简化：这个算例不是复杂算例，所以暂时不做简化处理
- 确定边界条件：根据给出的已知条件，基本可以确定边界条件
 - inlet-left: 速度入口 (velocity-inlet)
 - inlet-top: 速度入口 (velocity-inlet)
 - outlet: 压力出口 (pressure-outlet)

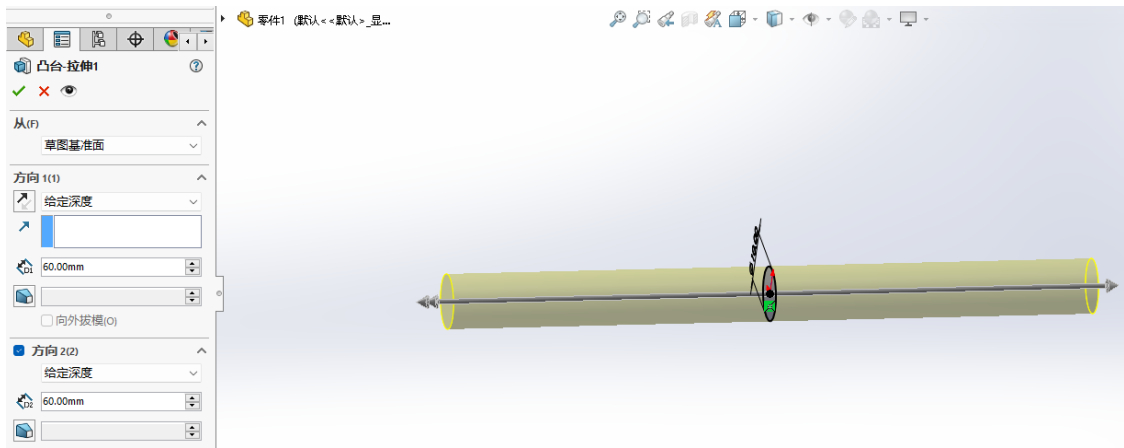
2. 几何模型

2.1 建立几何模型

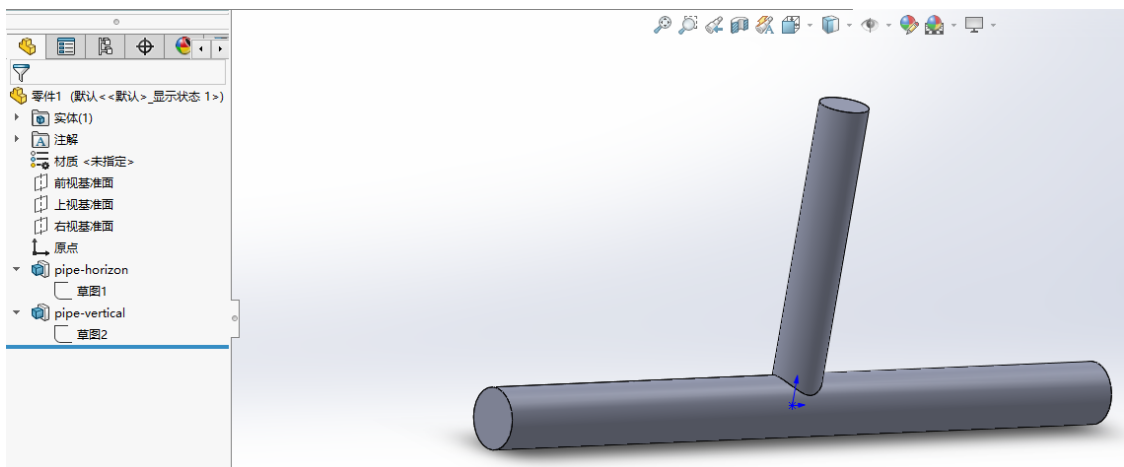
- 打开solidwork----新建----零件----草图----草图绘制----选择右视基准面----以原点为中心创建一个直径为10mm的圆----退出草图绘制

Tip: solidwork标注的尺寸单位是m怎么修改为mm?
工具/选项/文档属性/单位/MMGS/确定

- 特征----拉伸凸台/基体----选择向X轴两侧各拉伸60mm生成凸台----重命名为 pipe-horizon

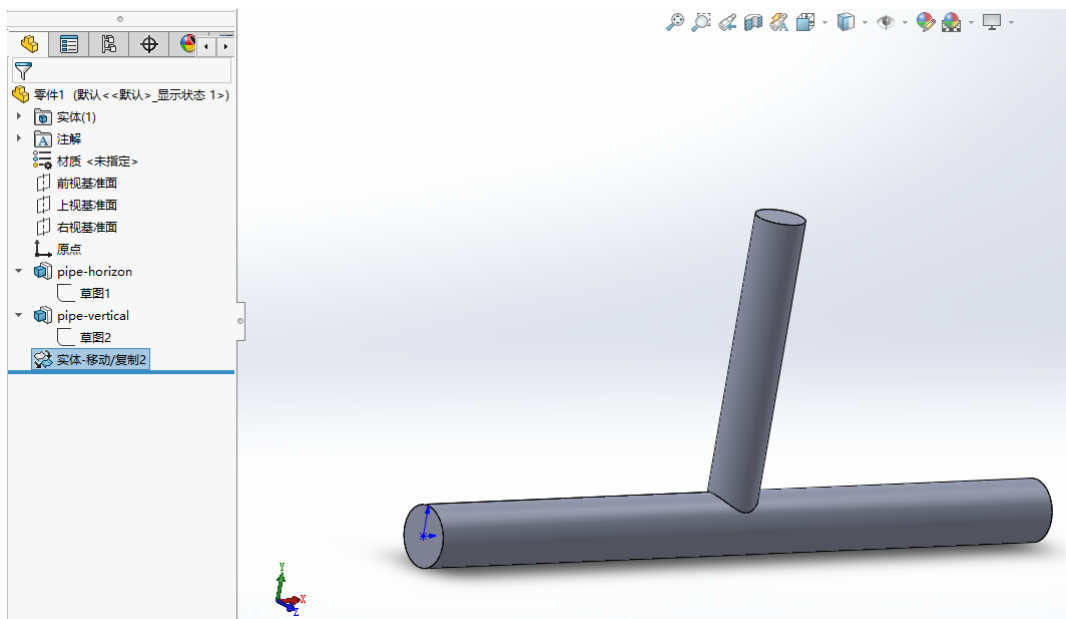


- 草图----选择上视基准面----以原点为中心绘制直径为8mm的圆----退出草图绘制
- 特征----拉伸凸台/基体----选择向Y轴正向拉伸50mm生成凸台重命名为pipe-vertical



！需要注意的是，此时坐标轴在管道的中点处，为了计算方便，我们需要将坐标轴移动到inlet-left处。

插入-----特征-----移动/复制-----选中整个实体-----平移/旋转-----将x值设置为60mm-----确定



- 文件----另存为----文件名为three pipe----文件类型选择igs----自行选择保存位置，但要保证路径没有中文

2.2 修改边界区域

Tip: SpaceClaim的优点是在导入Fluent Meshing划网格之前，可以对几何模型边界进行part的命名，便于之后在网格划分过程中对边界区域进行选择。

- 打开spaceclaim(下载了ANSYS,一般都会有，直接windows搜索框直接搜就可以)----文件----打开----将所有支持的文件类型改为所有文件----找到刚刚存的igs文件
- **修改流体区域**

草图-----结构-----实体1-----鼠标右键-----重命名为three pipe

- **重命名边界**

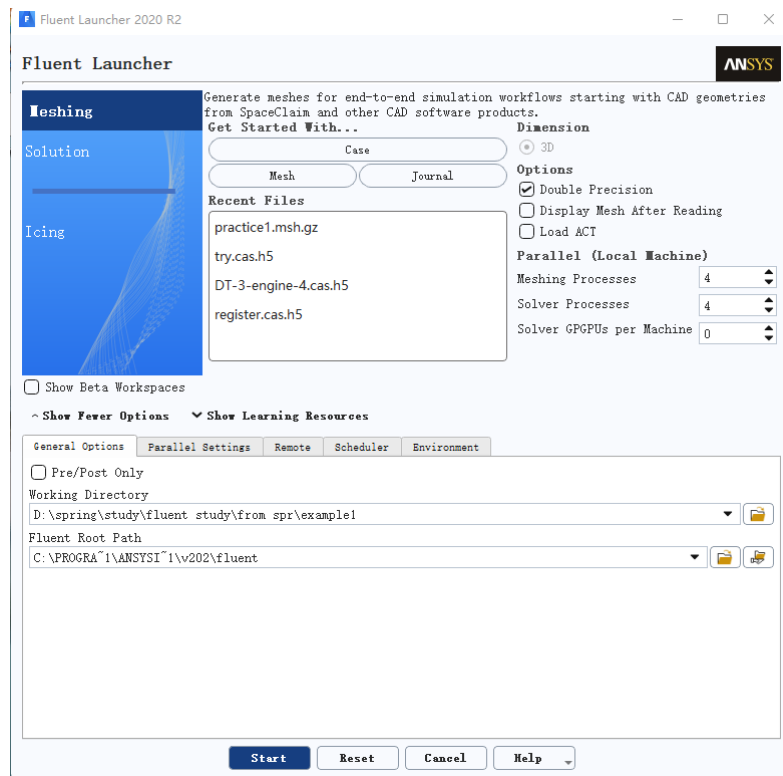
草图-----群组-----鼠标左键选择inlet-left面-----创建NS-----改“组1”为“inlet-left”
同样的操作创建inlet-top和outlet

- 文件----保存----选择文件保存路径（不可以有中文）----默认文件格式three pipe.scdoc就可以

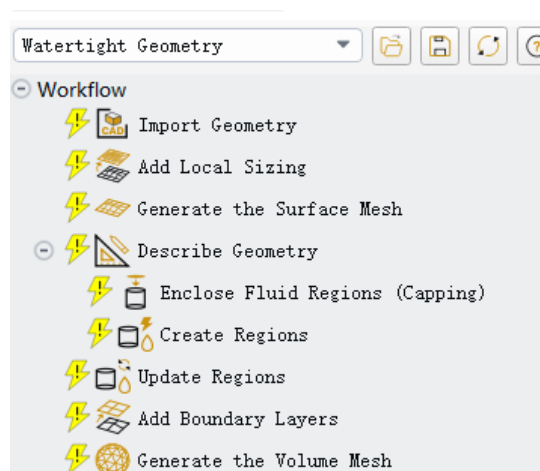
3. 网格划分

3.1 模式选择

- 打开Fluent 2020R2----选择meshing模式----依据各自配置输入网格划分进程数，设置好工作路径(最好把整个例子设置一个文件夹，全部保存在里面，拒绝中文)后点击start



- 选择workflow类型为watertight geometry (Watertight Geometry工作流类型的网格划分流程操作简单，逻辑清晰，能够满足相对简单模型的网格划分。从上至下顺着流程走，走完一个流程左边就会有绿色对勾，流程走完，网格也就基本划分完成了)



3.2 划分流程

- Import Geometry (导入几何模型)
- 点击file name右边的...导入three pipe.scdoc
- Add Local Sizing (添加局部控制尺寸)
 - 本例中不需要进行局部加密，所以对would you like to add local sizing?选择no
 - update

Tip:

添加局部控制尺寸可以对局部进行加密，本例中无需进行所以选择**no**，如果需要选择**YES**。

首先软件会给出默认的局部尺寸参数：

facesize_1（局部控制尺寸的默认名称，可更改）；

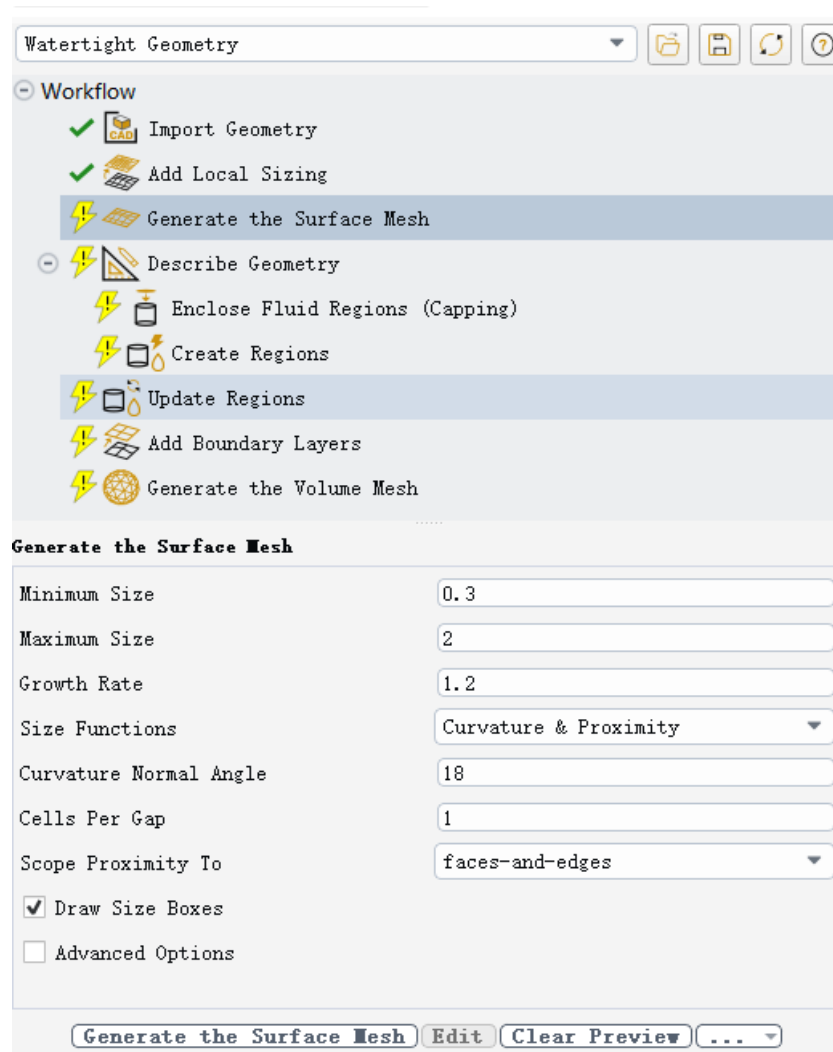
Growth rate（增长率默认**1.2**）；

Face Size（尺寸控制类型）可通过下拉菜单选择其他类型；

Target Mesh Size（目标网格尺寸），这里设为**1mm**。

由于之前在**SpaceClaim**已经命名好了边界名称，在**Fluent Meshing**里就可以直接通过**Select By Label**选择想要添加局部尺寸的边界；选择其中要加密的边界，完成后点击下方的**Add Local Sizing**即可。

- **Generate the Surface Mesh（生成面网格）**
 - **Minimum Size（最小面网格尺寸）**：这里设为**0.3mm**；
 - **Maximum Size（最大面网格尺寸）**：这里设为**2mm**；
 - **Growth Rate（面网格增长率）**：默认为**1.2**；
 - **Size Functions（尺寸函数）**：**Curvature & Proximity**(曲率控制和狭缝控制)，各尺寸函数对应的参数设置分别**Curvature Normal Angle**和**Cells Per Gap**。
 - **Curvature Normal Angle**：默认设为**18°**，代表对于曲线区域或者曲面区域，每**18°**用一条网格边去描述，即一个圆**360°**最少需要用 **$(360/18)=20$** 个边去描述。
 - **Cells Per Gap**：默认为**1**，代表模型中如果存在一个很小的缝的区域，至少会用一个网格去描述，若改完**10**，则用**10**个去描述网格（前提是**Minimum Size**设置要小于该缝尺寸的十分之一）。
 - 设置完成后点击下方**Generate the Surface Mesh**进行面网格生成。



- Describe Geometry (描述几何体类型)
 - 本例中只有流体域，所以geometry type选择第二个：the geometry consists of only fluid regions with no voids

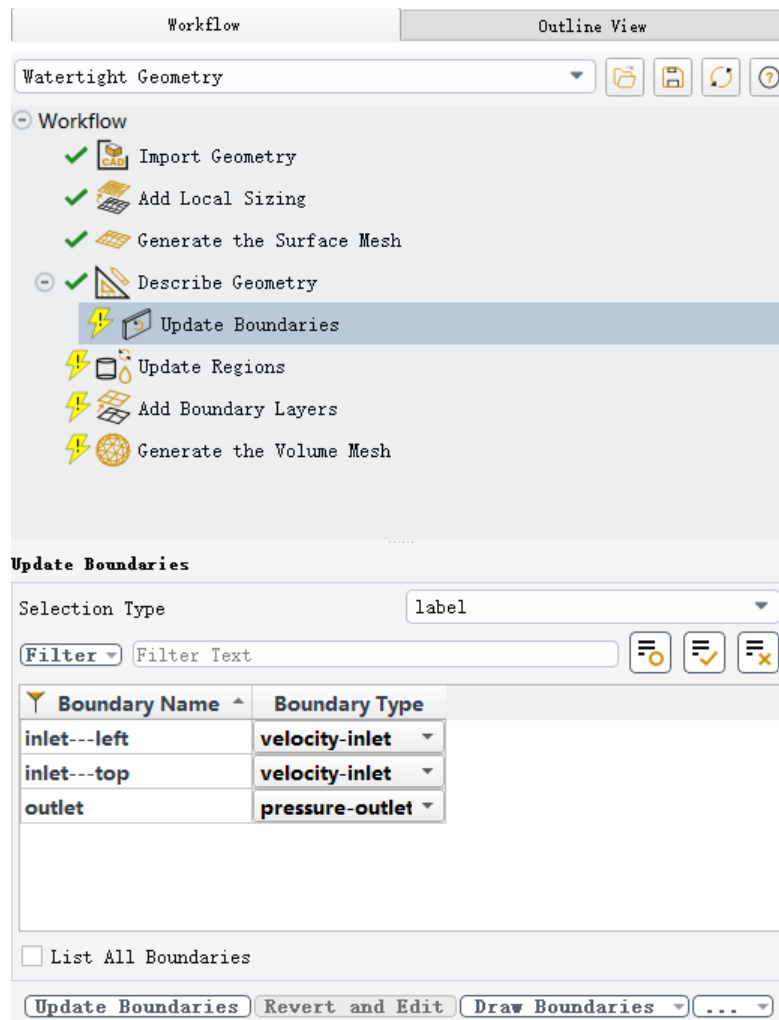
Fluent Meshing需要用户去指定导入的几何体的计算域类型（流体域或固体域），根据字面意思，需要选择导入的几何体类型是只包含固体域或只包含无空隙流体域还是既包含固体域又包含流体域。
 - change all fluid-fluid boundary types from wall to internal?(将所有流体边界类型从“wall”更改为“internal”)----no
 - do you need to apply share topology?(您需要应用共享拓扑吗)----no

对于包含多个零件的CAD部件，请选择是否识别和闭合任何有问题的间隙，以及是否连接和/或相交有问题的面。这将向工作流中添加应用共享拓扑任务。
 - describe geometry
- Update Boudaries (更新边界)

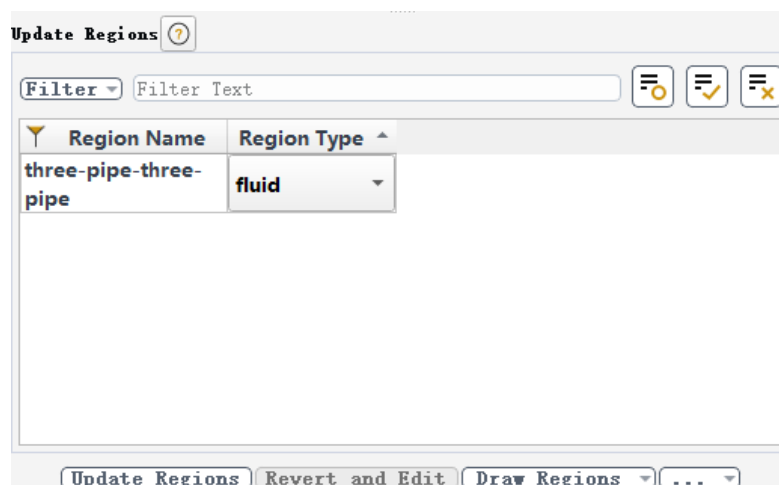
Tip:

Fluent Meshing能够读取在模型前处理命名的边界名称并且根据具体的名字默认赋予一个边界类型，例如inlet给的是速度入口，这里可以根据需要改成其他类型，或者也可以在将划分好的网格导入Fluent求解器之后再进行重新定义。

- 检查边界类型，确保没有问题----update boundary



- Update Regions (更新区域)
 - 本例为流体，检查流体类型为fluid----update regions



- Add Boundary Layers (添加边界层)

- 本例中边界层无需增加网格，所以选择no---add boundary layers

Tip:

若需要添加，软件默认是yes。例在边界上添加边界层。

例如采用last ratio方法，设置边界层数为10，过渡比为0.272（Fluent推荐，使最外一层边界层网格向体网格能够较好地进行过渡），第一层网格高度为0.01mm以保证y+在计算所需目标范围内。

软件默认边界层划分区域为所有边界类型为wall的区域，可在Grow on处将only-walls改为selected-labels进行手动选择想要生成边界层网格的边界区域，与Add Local Sizing步骤类似。

设置完成后，点击下方Add Boundary Layers。

- Generate the Volume Mesh（生成体网格）
 - fill with polyhedra
 - growth rate 1.2
 - max cell length保持默认
 - 点击下方的Generate the Volume Mesh完成网格划分
 - 体网格划分完成后，命令栏里会给出体网格质量和网格数量信息，如果视图中能够正常显示出截面的网格图像说明该网格的质量是可接受的。

Fluent Meshing的 watertight Geometry工作流类型提供四种非结构体网格类型：

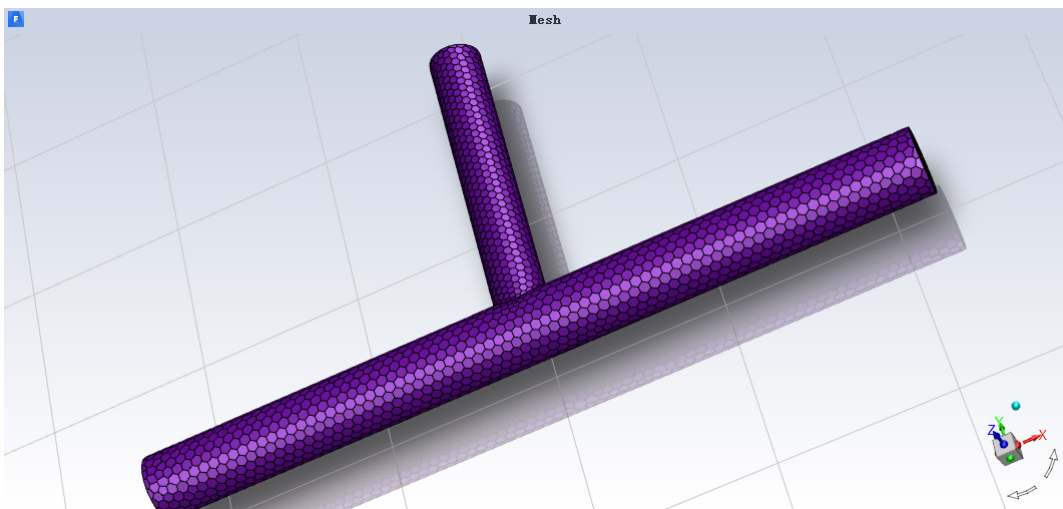
tetrahedral（四面体网格）

hexcore（六面体网格）

polyhedra（多面体网格）

poly-hexcore（多面体-六面体网格）

这里选择使用多面体网格polyhedra进行体网格划分。多面体网格参数基本不需要更改，软件会根据之前的设置计算出较为合适的参数进行网格划分，有其他需求的除外。



3.3 导出保存

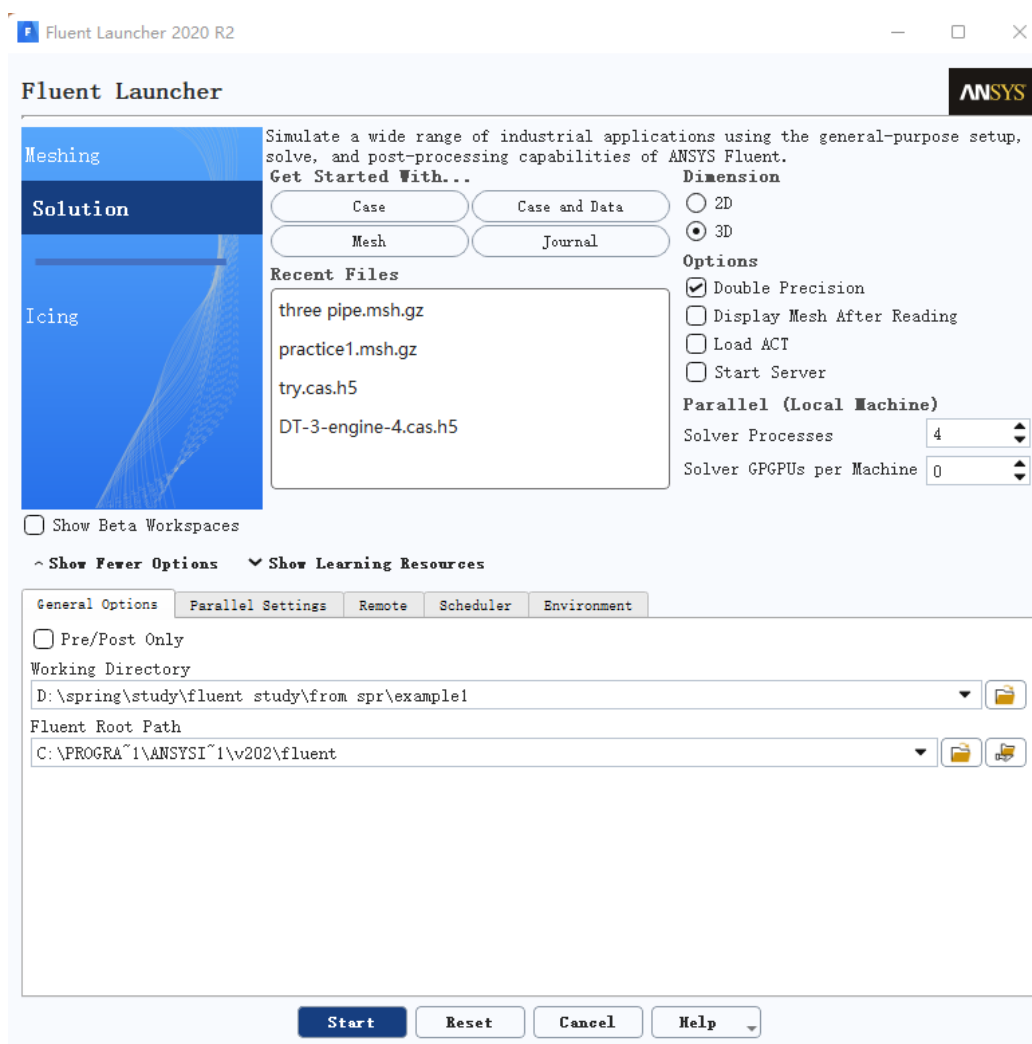
- File>Write>case或mesh进行保存。

- 或者直接点击Switch to Solution直接将网格导入Fluent求解器中。

4. 求解设置

4.1 启动fluent

- 选中Solution
- Dimension选择3D
- Options勾选双精度
- 求解器进程选择4（根据电脑进程数自行选择）
- general options----working directory----根据路径自己选择（不可以有中文）
- start



4.2 导入网格

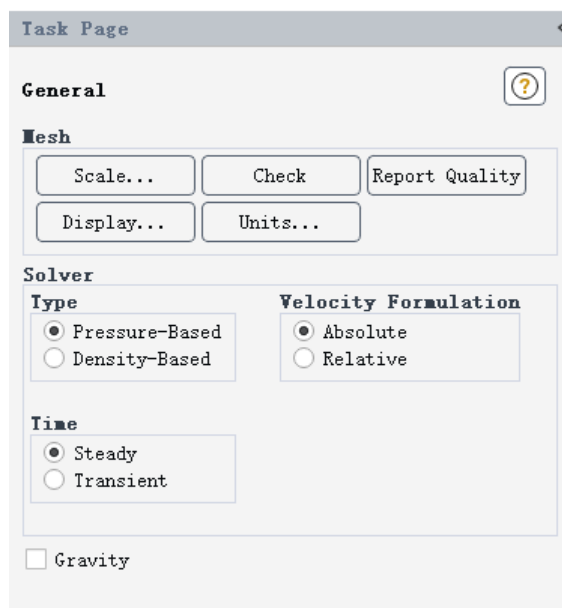
- File----read----mesh----选择three pipe.msh.gz----ok
 - 读完之后命令栏会有Done提示
 - 命令栏还显示Mesh is now scaled to meters（所以需要进行scale）
- 显示网格：

- Domain----Display----勾选Edges和Faces----Edges type勾选ALL----surface 全选----display
- 设置操作压力：
 - Physics----operating conditions----默认101325pa

流场中实际的静压值应该等于操作压强和输入静压之和

4.3 General 设置

模型树点击General，右侧显示设置面板：



4.3.1 Mesh

- **Scale:** 缩放网格尺寸
 - scale弹出scale mesh面板----scaling里下拉选择mm----scale----view length unit in选择mm----close

fluent中网格以米为单位生成，网格被读进求解器中，被认为是以米为单位生成，在建立网格时是按照mm为单位，在将网格导入fluent之后，必须进行相应单位转换，或者给出自定义比例因子进行缩放。

- **Check:** 检查网格
 - 点击Check按钮，软件自动检查网格并在文本窗口中显示网格信息，包含计算域尺寸、网格体积统计、网格面统计等。

比较重要的参数为**minimum Volume**，确保该参数值为正值。建议在读入网格之后及网格缩放之后进行网格检查工作。当最小体积值为负值时，意味着存在一个或多个单元有不合适的连通性，一个负体积的单元经常可以使用 Iso-Value Adaption功能标记。

除了使用check之外，还可以使用Mesh/Info/Quality|Size|Memory Usage|Partitions命令来查看网格质量、大小、内存占用情况和网格区域分布、分块情况等。

- **Report Quality:** 报告网格质量

- 点击此按钮输出网格质量信息。如图所示。根据网格形状的不同，FLUENT输出的网格质量评价指标也不相同。对于本案例，FLUENT输出了三个参数：

- **Minimum Orthogonal Quality:** 最小正交质量
- **Max Ortho Skew:** 最大正交歪斜率
- **Maximum Aspect Ratio:** 最大长宽比

最小正交质量值范围为0~1，最差为0，最好为1，一般情况下要求网格最小正交质量大于0.2；最大歪斜率取值0~1，越小越好。

- **Display:** 显示网格

- 同4.2导入网格第二部分功能相同，不再赘述

- **Units:** 设置单位

4.3.2 Solver

- **Type**

选择基于压力求解器

- **Pressure-Based:** 采用压力基求解器
- **Density-Based:** 采用密度基求解器

- **Velocity Formulation**

选择绝对速度格式

- **Absolute:** 绝对速度
- **Relative:** 相对速度

- **Time**

采用稳态计算

- **Steady:** 采用稳态计算
- **Transient:** 采用瞬态计算

- **Gravity:** 设置重力加速度

本例不考虑重力，所以不勾选

4.4 Models设置

FLUENT提供的计算模型包括：

- **Multiphase**: 多相流模型，用于模拟多相流现象。
 - 本算例中只有液相，不涉及多相流，所以不进行设置。
- **Energy**: 能量模型。当计算涉及到传热时需要激活能量模型。
 - 本例涉及传热，需要开启能量方程
 - Models----Energy----鼠标右键选择on
- **Viscous**: 粘性模型。如考虑湍流时需要在粘性模型中进行设置
 - 激活Viscous后，选择k-epsilon模型，在子模型选项中选择Realizable

Viscous Model

Model

- ☐ Inviscid
- ☐ Laminar
- ☐ Spalart-Allmaras (1 eqn)
- ☒ k-epsilon (2 eqn)
- ☐ k-omega (2 eqn)
- ☐ Transition k-kl-omega (3 eqn)
- ☐ Transition SST (4 eqn)
- ☐ Reynolds Stress (7 eqn)
- ☐ Scale-Adaptive Simulation (SAS)
- ☐ Detached Eddy Simulation (DES)
- ☐ Large Eddy Simulation (LES)

k-epsilon Model

- ☐ Standard
- ☐ RNG
- ☒ Realizable

Near-Wall Treatment

- ☒ Standard Wall Functions
- ☐ Scalable Wall Functions
- ☐ Non-Equilibrium Wall Functions
- ☐ Enhanced Wall Treatment
- ☐ Menter-Lechner
- ☐ User-Defined Wall Functions

Options

- ☐ Viscous Heating
- ☐ Curvature Correction
- ☐ Production Limiter

Model Constants

C2-Epsilon: 1.9

TKE Prandtl Number: 1

TDR Prandtl Number: 1.2

Energy Prandtl Number: 0.85

Wall Prandtl Number: 0.85

User-Defined Functions

Turbulent Viscosity: none

Prandtl Numbers

TKE Prandtl Number: none

TDR Prandtl Number: none

Energy Prandtl Number: none

Wall Prandtl Number: none

OK Cancel Help

粘性模型具体model介绍:

Inviscid: 无黏模型, 用户无需输入参数

Laminar: 层流模型, 无需输入参数

Spalart-Allmaras(1 eqn): 墙壁束缚流动, 该模型用在低雷诺数中的网格划分不是很好或者湍流计算不需要十分精确时, 稳定性差

k-epsilon(2 eqn): 分为标准模型、RNG (重整化群) 模型、Realizable (现实) 模型, 目前黏性模拟使用最广泛; 标准模型是一个高雷诺数模型, RNG 模型在对近壁区进行适当处理后可以计算低雷诺数效应; Realizable 模型在同时存在旋转和静止区的流场计算中, 如多重参考系、旋转滑移网格等计算中会产生非物理湍流粘性, 慎重选择。

k-omega(2 eqn): 分为标准模型、SST模型 (剪切应力输运模型)

Reynolds Stress(7 eqn): 雷诺应力模型, 只有在雷诺应力明显具有各向异性特点时才必须使用雷诺应力模型, 如龙卷风、燃烧室内流动等带强烈旋转的流动问题。

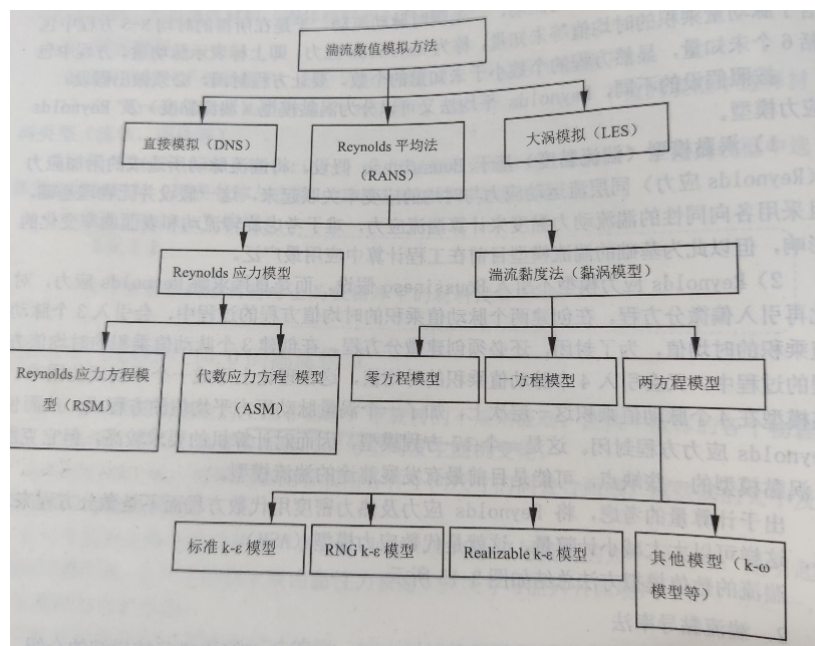
Large Eddy Simulation(LES): 大涡模拟模型, 只对三维问题有效。

湍流的数值模拟方法:

标准的k-epsilon(2 eqn)模型能很好的模拟一般湍流, RNG k-epsilon(2 eqn)模型用于处理高应变率及流线弯曲程度较大的流动, Realizable k-epsilon(2 eqn)模型在含有射流和混合流的自由流动、管道内流动、边界层流动以及带有分离的流动中具有优势。以上均为高雷诺数湍流模型。

在雷诺数比较低的区域, 湍流发展不够充分, 湍流脉动影响可能不如分子黏性大, 在贴近壁面的底层内, 流动可能处于层流状态, 这时, 必须进行特殊处理, 两种解决方法: 采用壁面函数或者低雷诺数的模型。

k-omega(2 eqn)模型: 它是为考虑低雷诺数、可压缩性和剪切流传播而修改而成的。可以应用于墙壁束缚流动和自由剪切流动。



- **Radiation:** 辐射模型。当计算域中存在大的温差需要考虑辐射效应时需要激活此模型

- **Heat Exchanger**: 热交换器。在计算域中构造换热器模型
- **Species**: 组分模型。当需要模拟组分扩散或化学反应时需要设置此模型
- **Discrete Phase**: 离散相模型。模拟计算域中的稀薄颗粒运动轨迹
- **Solidification & Melting**: 凝固融化模型，模拟材料固液相变
- **Acoustics**: 气动声学计算
- **Eulerian Wall Film**: 欧拉液膜模型
- **Electric Potential**: 电势模型

4.5 Materials设置

在创建任何材料之前，FLUENT已经默认添加了两种材料：流体材料为**Air**，固体材料为**aluminum**。本案例使用的介质材料为**液态水**，可以通过点击按钮**Create/Edit...**来实现。点击此按钮后：

- Materials----Fluids----鼠标右键----new
- 在弹出的**Create/Edit Materials**对话框中选择**Fluent Database...**按钮
- 在弹出的对话框中，选择Fluent Fluid Materials列表框中的材料介质**water-liquid(h2o)**
- 点击copy按钮选择材料

若要修改材料属性（如密度、粘度、比热、热传导系数等），可直接在参数设置框中修改。本案例采用Fluent材料库中的液态水，不进行材料修改。

4.6 Cell Zone Conditions（设置计算域属性）

- 双击cell zone conditions，弹出窗口----选中three-pipe----type选择fluid
- 点击Edit...----Material Name选择为water-liquid----apply

Zone列表：列出网格中所包含的计算区域。有些计算模型中包含多个计算区域

Phase：当使用了多相流模型时，此选项能被激活，可以针对不同的相设置参数。本例为单相流，故该下拉框为不可用状态。

Type：设置计算域类型，包含**Fluid**、**Solid**两种类型

ID：显示选中的列表项中的区域**ID**，此**ID**编号在在**UDF**编程时有用

Edit...：设置区域属性

Copy：拷贝区域参数至其他区域

Profiles：profile管理窗口

Parameters：参数管理窗口

Display Mesh：显示网格

Operation Conditions...：设置操作条件

Porous Formulation：当设置区域为多孔介质区域时，此选项被激活。

4.7 Boundary Conditions(设置边界条件)

- 双击boundary conditions----选择inlet-left----type选择velocity-inlet----edit弹出设置面板----在Momentum标签页下，设置Velocity Magnitude参数值为0.3；选择Specification Method为Intensity and Hydraulic Diameter，设置Turbulent Intensity为5，设置Hydraulic Diameter为10mm----切换至Thermal面板，设置Temperature为288.15K。
- 双击boundary conditions----选择inlet-top----type选择velocity-inlet----edit弹出设置面板----在Momentum标签页下，设置Velocity Magnitude参数值为0.5；选择Specification Method为Intensity and Hydraulic Diameter，设置Turbulent Intensity为5，设置Hydraulic Diameter为8mm----切换至Thermal面板，设置Temperature为298.15K。
- 双击boundary conditions----选择inlet-top----type选择pressure-outlet----edit弹出设置面板----在Momentum标签页下，设置Gauge Pressure为0，设置Specification Method为Intensity and Hydraulic Diameter，设置Backflow Turbulent Intensity为5，设置Backflow Hydraulic Diameter为10mm----切换至Thermal面板，设置Temperature为293.15K。

Tip----水力直径（Hydraulic Diameter）

水力直径（hydraulic diameter）：是在管内流动（internal pipe flow）中引入的，其目的是为了给非圆管流动取一个合适的特征长度来计算其雷诺数。常用表达式是： $4A/P$ ，即四倍的横截面面积（A）除以圆周长度（P）。

圆管的话就是管径。非圆管的话4倍截面积除以湿周。非圆管由于沿四周的壁面剪切应力（wall shear stress）不是均匀分布，只能计算其沿四周的平均值。计算雷诺数时，对圆管显然是取直径做特征长度的，从而 $4A/P$ 也就可以作为非圆管的特征长度，称之为“水力直径”。

4.8 Solution（求解器设置）

4.8.1 Methods（设置模型离散算法）

- 设置Pressure-Velocity Coupling为Coupled

压力速度耦合方法介绍：

- SIMPLE：用于定常流计算，默认设定格式。
- SIMPLEC：用于定常流计算，稳定性好，可以将亚松弛因子适当放大，压力校正亚松弛因子通常设为1.0，它有助于收敛，有些问题中会导致流动不稳定，对于这种情况，需要使用更保守的亚松弛或者使用SIMPLE算法。
- PISO：适用于过渡流动计算，用于非定常计算或者网格畸变较大，也可以用于定常计算，允许使用较大时间步长进行计算时经常选用PISO。如果在PISO格式中使用临近修正（Neighbour Correction），

可以将亚松弛因子设为1.0或者接近于1.0，而在畸变修正（Skewness Correction）时，则应该将动量和压强的亚松弛因子之和设为1.0，如果同时采用两种修正形式，则应该将所有亚松弛因子设为1.0或者接近1.0。

- 激活Pseudo Transient及Warped-Face Gradient Correction
- 其他保持默认

设置面板中包含的元素：

- **Pressure-Velocity Couping**：压力-速度耦合算法选择
- Spatial Discretization：空间离散算法设置
 - **Gradient**：设置梯度项离散算法
 - **Pressure**：设置压力项离散算法
 - **Momentum**：设置动量方程离散方法
 - **Turbulent Kinetic Energy**：设置湍动能离散方法
 - **Turbulent Dissipation Rate**：设置湍流耗散率离散方法
 - **Energy**：设置能量方程离散方法
- **Transient Formulation**：设置瞬态项格式（仅用于瞬态计算）
- **Non-Iterative Time Advancement**：无迭代时间推进算法（仅用于瞬态计算）
- **Pseudo Transient**：伪瞬态算法
- **Warped-Face Gradient Correction**：17.0版本新增功能，用于提高低质量网格计算精度
- **High Order Term Relaxation**：高阶项松弛

4.8.2 Controls（设置求解控制参数）

- 本算例采用默认参数进行计算
 - **Relaxation Factors**：设置各求解参数的亚松弛因子。根据前面选择的求解算法，亚松弛项目也有差异。
 - **Equations...**：设置求解的方程
 - **Limits...**：设置一些物理量的限制值
 - **Adanced...**：设置一些高级控制项

Tip:

松弛因子控制各流场变量的迭代，因此计算稳定性和松弛因子紧密相关。大多数情况下，不必修改松弛因子默认设置，但是在某些复杂流动情况下，默认设置不能满足稳定性需求，计算过程中可能出现振荡、发散情况，此时需要减小松弛因子的值，以保证计算收敛。实际计算中先用默认设置先进行计算，如果发现残差曲线向上发展，中断计算，适当调整松弛因子以后在进行计算。计算发散时，可以考虑将压强、动量、湍流动能、湍流耗散率的松弛因子默认值分别降低为0.2、0.5、0.5、0.5。计算格式时SIMPLEC时，没有必要降低松弛因子。

4.8.3 Monitors (监测物理量变化)

- **设置inlet-left压力监测**

- monitors---report plots---鼠标右键new---selected report definitions窗口下拉new选择surface report---report type为area-weighted average---弹出surface report definition---修改名称p-inlet-left---create窗口勾选report plot---surface窗口选择inlet-left面---field variable选择pressure/static pressure---OK
- 返回到了第一个弹出的窗口---将左边框里的p-inlet-left选中---add到右边---修改name为：p-inlet-left---options窗口里plot windows为2，plot title修改为：p-inlet-left---勾选print to console---ok

- **设置inlet-top压力监测**

- monitors---report plots---鼠标右键new---selected report definitions窗口下拉new选择surface report---report type为area-weighted average---弹出surface report definition---修改名称p-inlet-top---create窗口勾选report plot---surface窗口选择inlet-top面---field variable选择pressure/static pressure---OK
- 返回到了第一个弹出的窗口---将左边框里的p-inlet-left选中---add到右边---修改name为：p-inlet-top---options窗口里plot windows为3，plot title修改为：p-inlet-top---勾选print to console---ok

- **设置outlet温度监测**

- monitors---report plots---鼠标右键new---selected report definitions窗口下拉new选择surface report---report type为standard deviation---弹出surface report definition---修改名称t-dev-outlet---create窗口勾选report plot---surface窗口选择outlet面---field variable选择temperature/static temperature---OK
- 返回到了第一个弹出的窗口---将左边框里的t-dev-outlet选中---add到右边---修改name为：t-dev-outlet---options窗口里plot windows为4，plot title修改为：t-dev-outlet---勾选print to console---ok

- **调整residual**

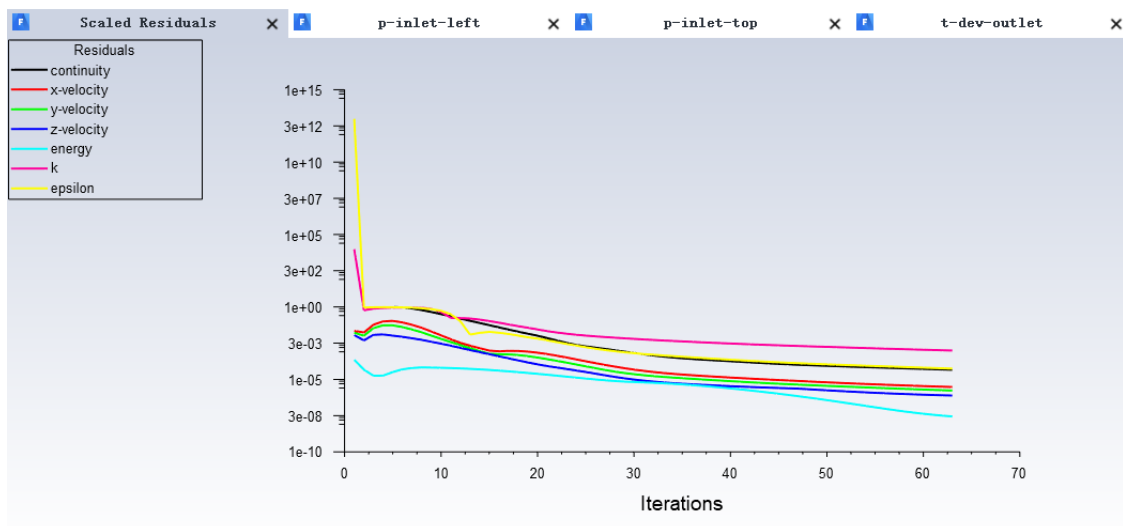
- 修改标准值为1e-03，能量为1e-06，值越大，收敛越快

4.8.4 Initialization (初始化)

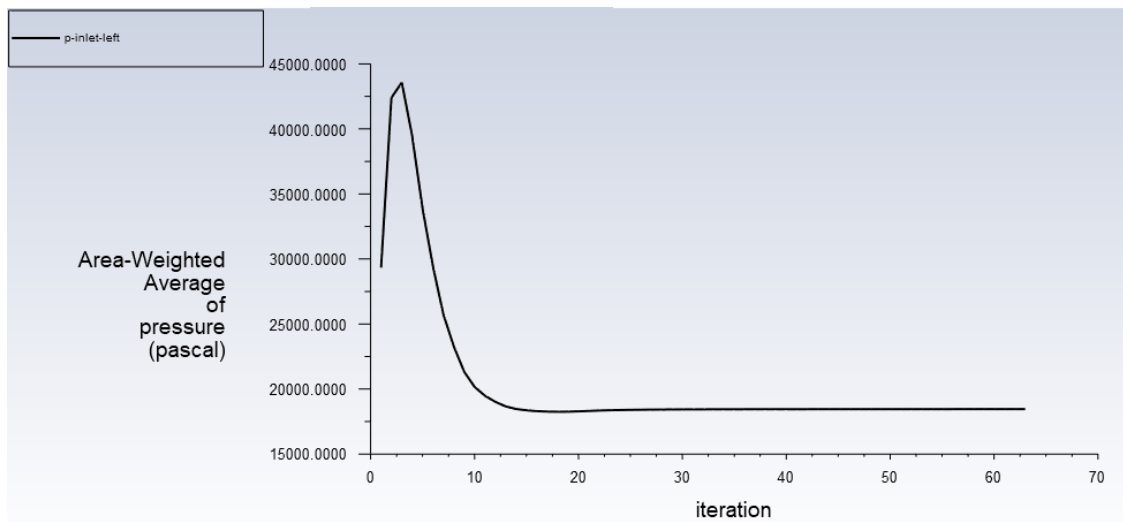
- Hybrid Initialization----Initialize
 - FLUENT提供了两种初始化方法：
 - Hybird Initialization**: 通过各种不同的插值方式获得计算域中的初始值。如利用求解拉普拉斯方程的方式获取初始速度场与压力场
 - Standard Initialization**: 直接定义各未知物理量的初始值
 - 对于稳态计算，初始值不会影响最终计算结果，但是会影响收敛过程，严重偏离实际的初始值可能会导致计算收敛缓慢甚至发散。对于瞬态计算，初始值会影响到后续的计算结果

4.9 calculation

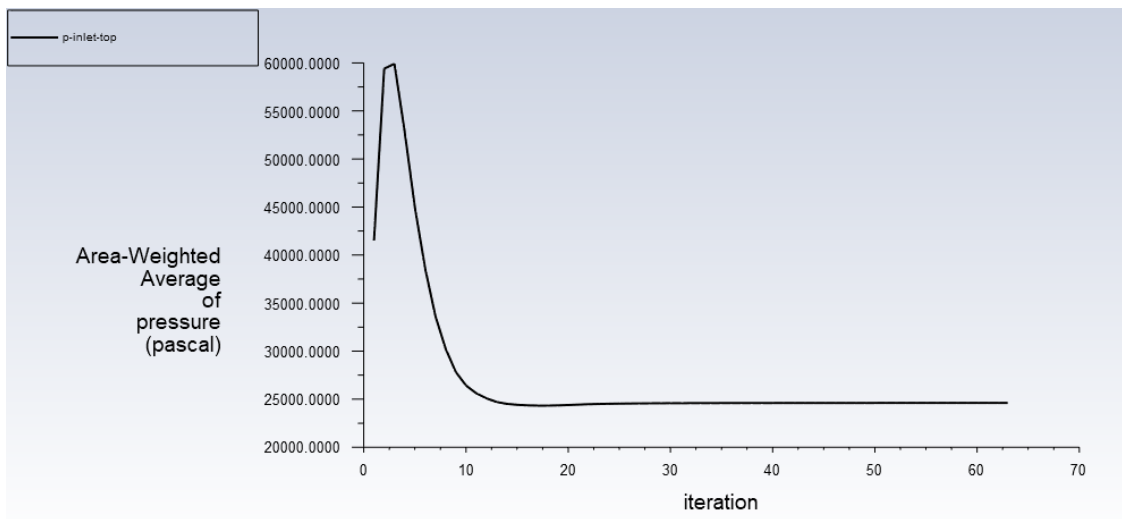
- run calculation----将number of Iterations修改为350----calculate
 - 迭代至63步时结果收敛，计算结束
- 残差图



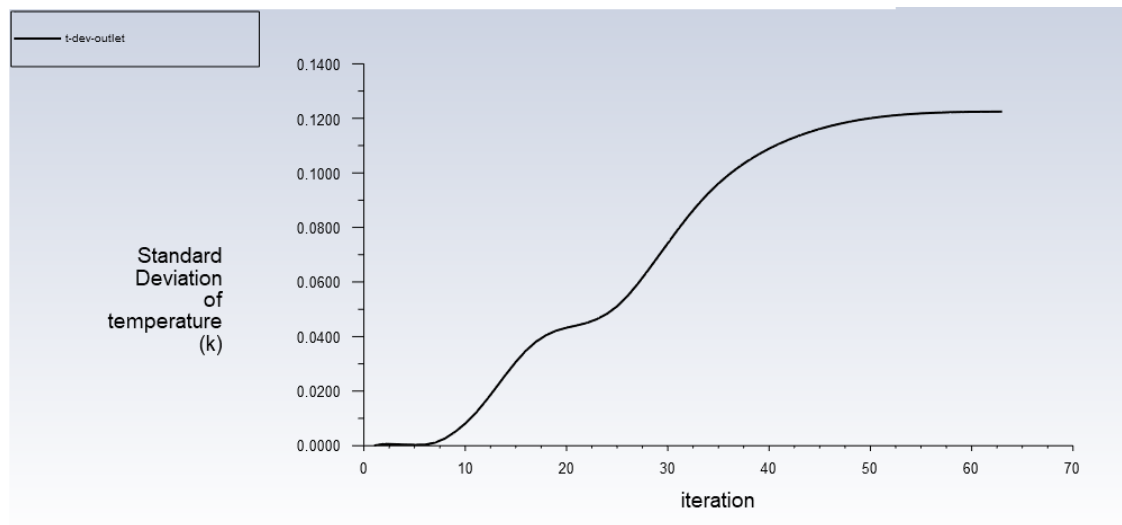
- inlet-left压力监测图



- inlet-top压力检测图



- outlet温度标准差图



4.10 Results of Graphics

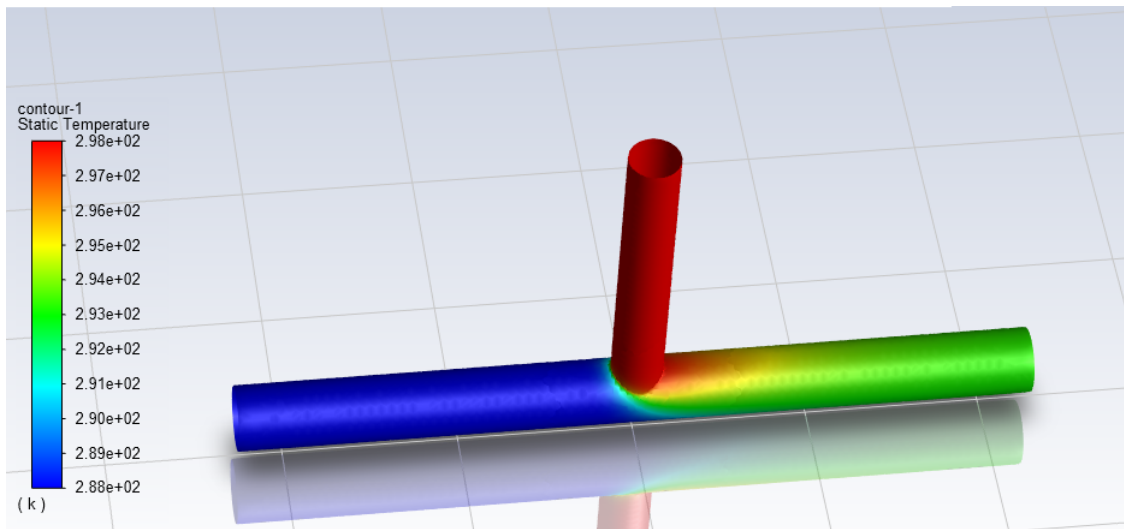
模型树节点Graphics下包含了Mesh、Contours、Vectors、Pathlines以及Particle Tracks。在Graphics参数设置面板中还包含了Animations操作以及一些图形显示参数设置按钮，如灯光、视图等。

- **Mesh**：显示网格图
- **Contours**：显示云图
- **Vectors**：显示矢量图
- **Pathlines**：显示流线图
- **Particle Tracks**：显示粒子追踪图

4.10.1 壁面温度分布

- 鼠标双击contours
- 在弹出的对话框中进行设置：
 - 勾选激活Filled、node values、global range、auto range选项

- 在Contours of下拉框中选择Temperature及Static Temperature
- 在Surfaces列表项中选择three-pipe:1
- 点击按钮Display



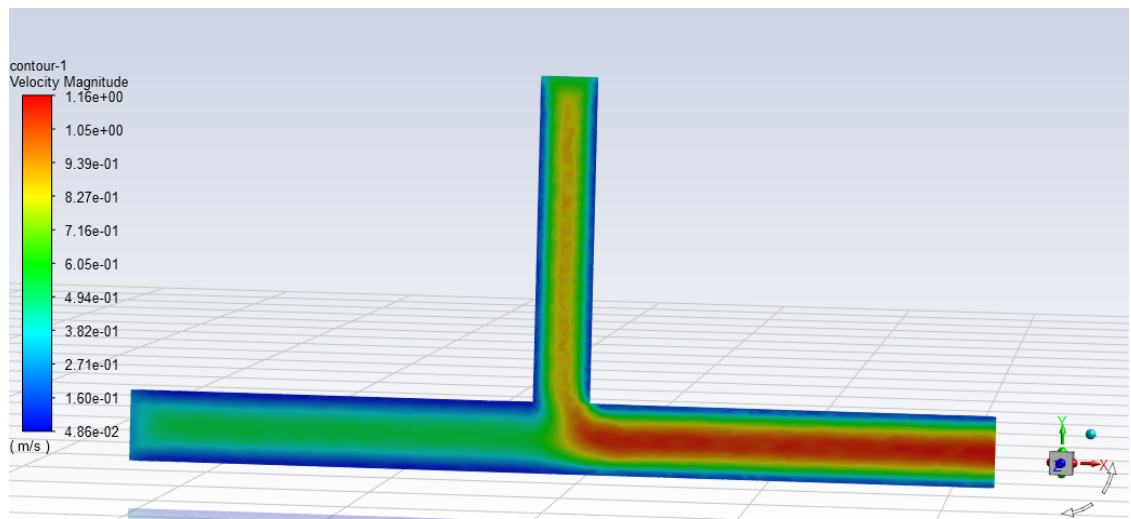
4.10.2 显示截面物理量

4.10.2.1 创建截面

- Results选项下，鼠标右键点击surfaces，选择new，选择Iso surface，弹出创建截面的窗口
- 选择**Surface of Constant**为**Mesh及Z-Coordinate**
- 设置**Iso-Value**为**0**
- 设置**New Surface Name**为**z-0**
- 点击**Create**按钮创建截面

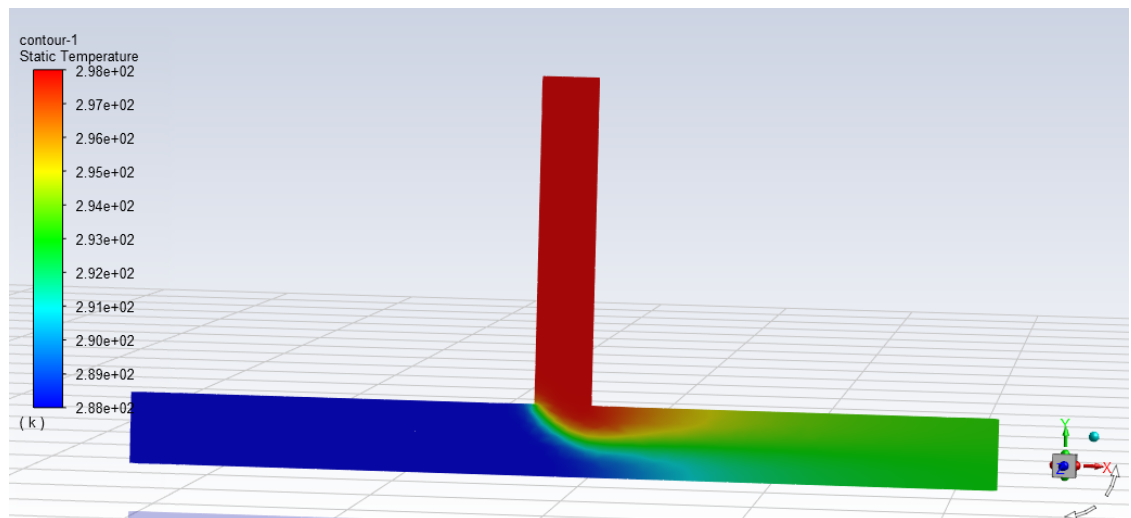
4.10.2.2 显示截面速度分布

- 回到Contours设置面板，
- 设置Contours of为**Velocity**及**Velocity Magnitude**
- 选择**Surface**为**z-0**
- 点击按钮**Display**



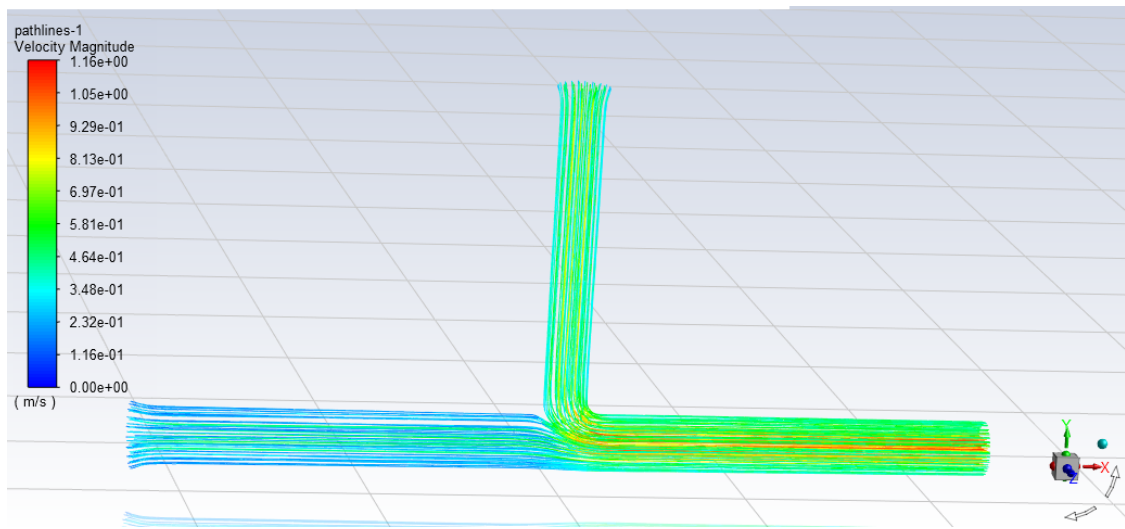
4.10.2.3 显示截面温度分布

- 回到Contours设置面板,
- 设置Contours of为Temperature及Static Temperature
- 选择Surface为z-0
- 点击按钮Display



4.10.3 速度流线图

- 选择Graphics列表中的Pathlines选项鼠标右键, 选择new, 弹出对话框
- color by 选择velocity/velocity magnitude
- release from surfaces选择inlet-top和inlet-left
- 其他保持默认, display



4.11 Results of Plots

模型树节点**Plots**可以输出一系列图形，如曲线图、直方图等。

- **XY Plot**：以XY曲线图显示变量的变化规律
- **Histogram**：以直方图形式显示数据
- **File**：以图形形式显示文件中的数据
- **Profile**：图形化显示配置文件
- **FFT**：对文件指定的数据进行快速傅里叶变换，将时域数据转化为频域数据。

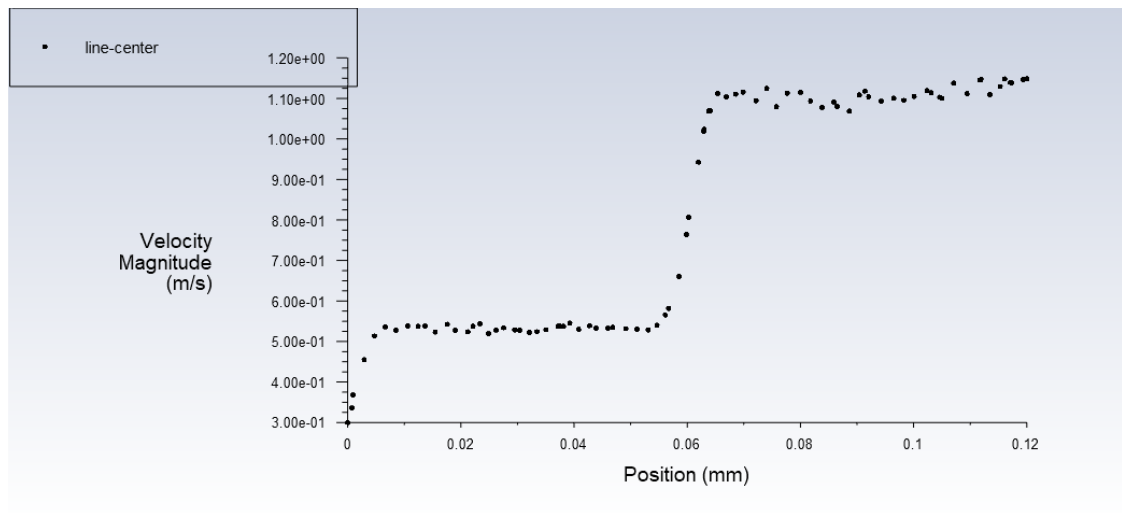
4.11.1 创建line

可以先创建line，然后再利用XY-Plot显示线上物理量分布。

- Results选项下，鼠标右键点击surfaces，选择new，选择Line/Rake，弹出创建line的窗口
- 修改name为line-center
- type选择center
- end points (0,0,0) (120,0,0)
 - 我是以inlet-left为坐标原点的
- create

4.11.2 显示XY-Plot

- 双击模型树节点XY Plot，弹出对话框，进行如下设置：
- 设置Plot Direction为 (1,0,0)
- 设置Y Axis Function为Velocity及Velocity Magnitude
- 选择Surface列表项line-center
- 点击按钮Plot



4.12 保存文件

- file-write-case
- file-write-data