



旋风分离器研究进展和仿 真技术深入探讨

李树彦 3/18/2020

目录 CONTENTS

1 旋风分离器研究进展

2 网格划分介绍

3 单相流场数值模拟

4 两相流场数值模拟

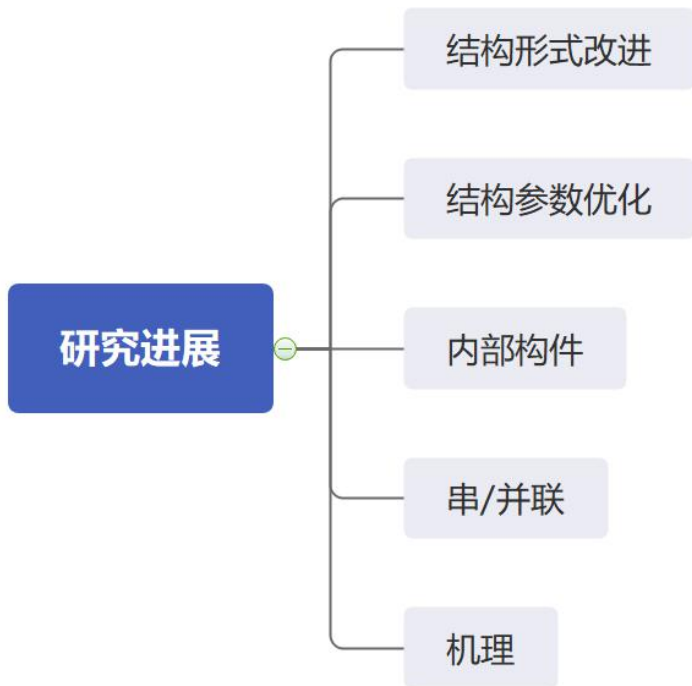
目录 CONTENTS

1 旋风分离器研究进展

2 网格划分介绍

3 单相流场数值模拟

4 两相流场数值模拟



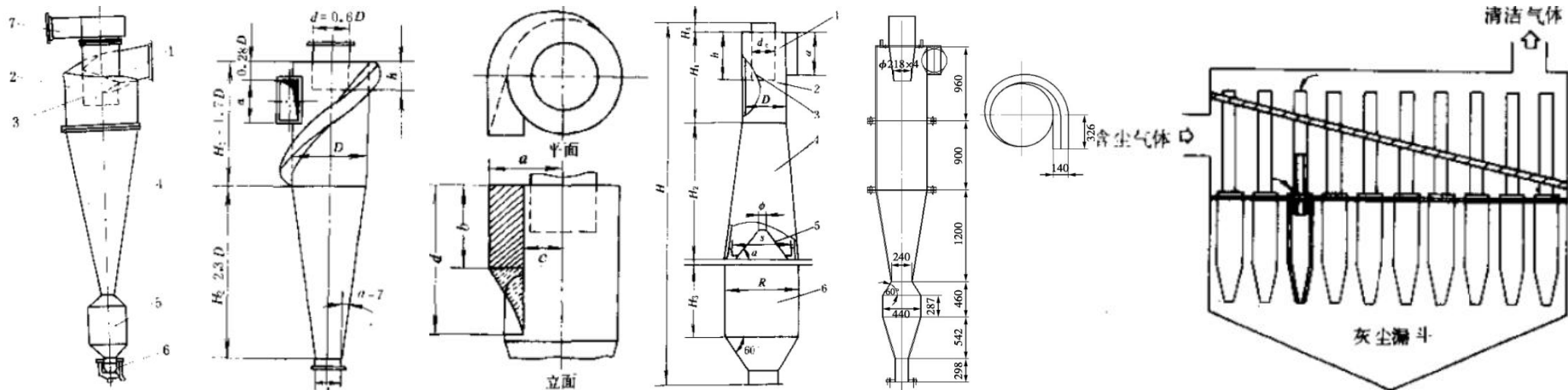
✓ 结构形式:

- 切流式

常见的切流式结构形式主要有：螺旋顶型；旁室型；异形入口型；扩散锥体型；通用型（直切式和蜗壳式）。

- 多管式

应用于处理气量很大、分离效率又很高的场合，往往采用需要小直径旋风分离器并联运行。



✓ 内部构件:

- 减阻杆

安装在旋风分离器内部适当位置，作用是降低压力损失、稳定涡流。

- 导向板

通常安装在入口处，抑制压缩现象的发生，改善旋风分离器入口处的流动。

- 中心体结构

又称为内筒或芯筒，通常放置在中心轴处，分离内外旋流，用以有效的消除内外旋流相互交叉、掺混、碰撞产生的能量损失

- 减阻框

多用于轴流式旋风管，通常安装在排气管下部，用于降低排气管内气流的旋转强度，减弱滞流、倒流、逆压梯度等耗能流动。

✓ 内部构件:

- 中置物

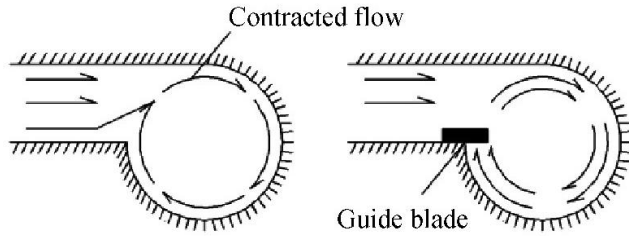
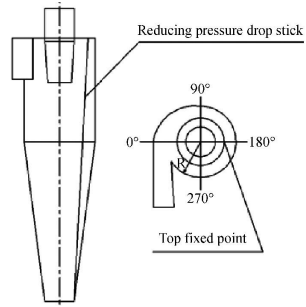
形式复杂多样, 安装中置物能够填堵轴心区域的高负压区, 改变压力梯度分布。能够填堵轴心区域的高负压区, 改变压力梯度分布。

- 导流叶片

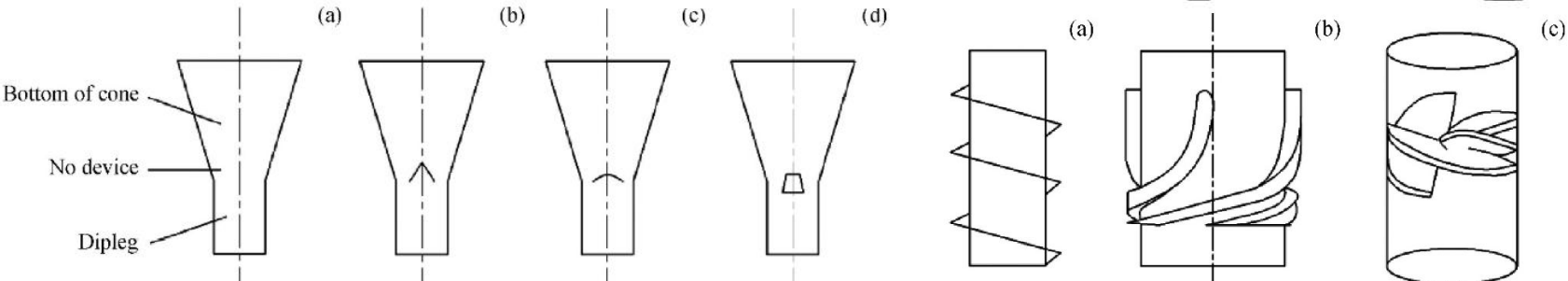
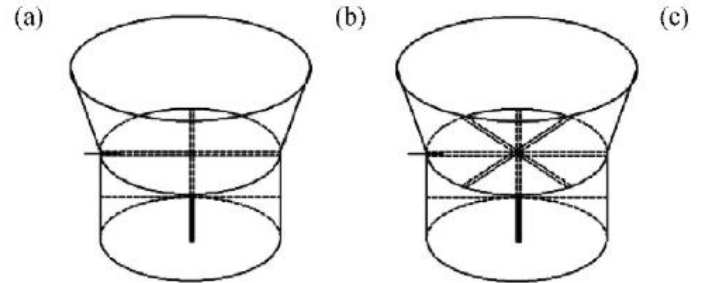
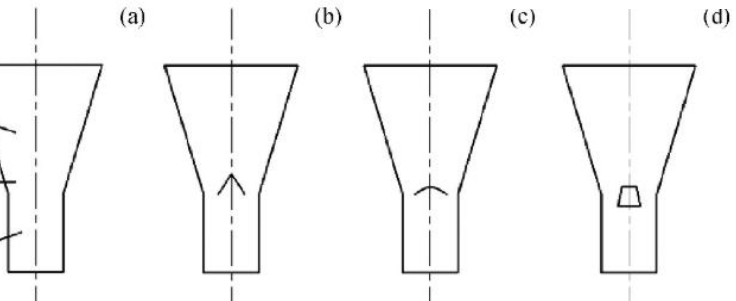
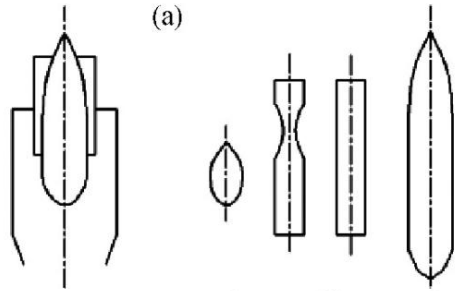
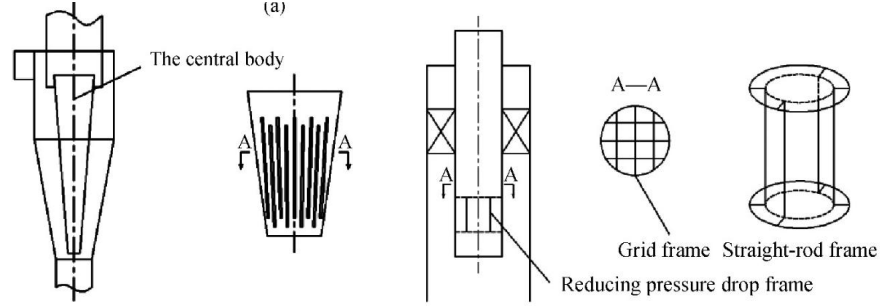
又称为整流叶片, 通常安装在排气管入口处, 校直排气管内旋转气流。导流叶片常见的导流叶片类型包括直螺旋叶片、圆弧叶片以及倾斜平板式叶片等。

- 稳涡器

有防返混锥、稳涡罩等, 安装在分离空间尾部或者料腿顶部, 能够抑制料腿上方的颗粒返混, 使颗粒更好地被捕集。



Compression phenomenon



✓ 结构参数:

- 进气部分

旋风分离器内颗粒运动轨迹受入口结构影响很大。入口尺寸通常使用 K_A ，其定义是分离器筒段横截面积与入口截面积的比值。

矩形入口的高宽比一般在2.2-2.5之间，最大不超高3.75-4。

- 排气部分

排气管下端直径比是个十分重要的参数，它决定了内外旋流分界点的位置和最大切向速度，对效率和压降都有明显影响。

- 排尘部分

排尘口过大，进入灰斗的气量增多，这样返气夹带也会增多，对效率不利。最适宜的排尘口直径一般为稍大于内旋流直径

✓ 结构参数:

- 总体尺寸

高径比，尤其是分离空间的高径比对分离效率的影响比较大。该值提高，灰斗返混上来的细颗粒就有足够的时间获得二次分离，效率可提高。因此一般都采用大的高径比，但是却有一个最佳值。

✓ 机理：

- 最大效率气速

随着入口气速的增加，旋风分离器压降增大，效率提高。但是随着入口速度的不断加大，分离效率也会出现一个转折点，即存在一个最大效率气速。

- 自然旋风长

漩涡尾端到排气管下口的距离为自然旋风长。通常认为，漩涡尾端会造成颗粒的返混与堵塞，增加了运动流体的不稳定性，影响分离效率。在漩涡尾端上部区域（自然旋风长区域），为旋风分离器的有效分离空间；在漩涡尾端以下（超出自然旋风长部分），气、固分离效率是较低的。所以，自然旋风长的计算对旋风分离器的高度设计较为重要。

- 料腿窜气

料腿向上窜气是旋风分离器操作中的常见现象，不仅会对流场造成扰动，而且导致颗粒返混进而影响分离效率。

目录 CONTENTS

1 旋风分离器研究进展

2 网格划分介绍

3 单相流场数值模拟

4 两相流场数值模拟

✓ 结构网格:

优点:

- 同等尺寸下, 网格数量远少于非结构网格。
- 网格质量 (扭曲度、正交性) 一般会优于非结构网格。
- 网格排布方向一致, 针对沿几何结构的流动有着较高的精度。

缺点:

- 针对复杂几何, 划分难度较高, 需要耗费大量的人工和时间。
- 网格质量 (长细比和尺寸变化) 很难控制。

适用性:

- 计算机资源不充足的情况。
- 流动沿着几何结构方向、物理现象非常复杂 (如燃烧、化学反应、多相流) 的问题。

✓ 非结构网格:

优点:

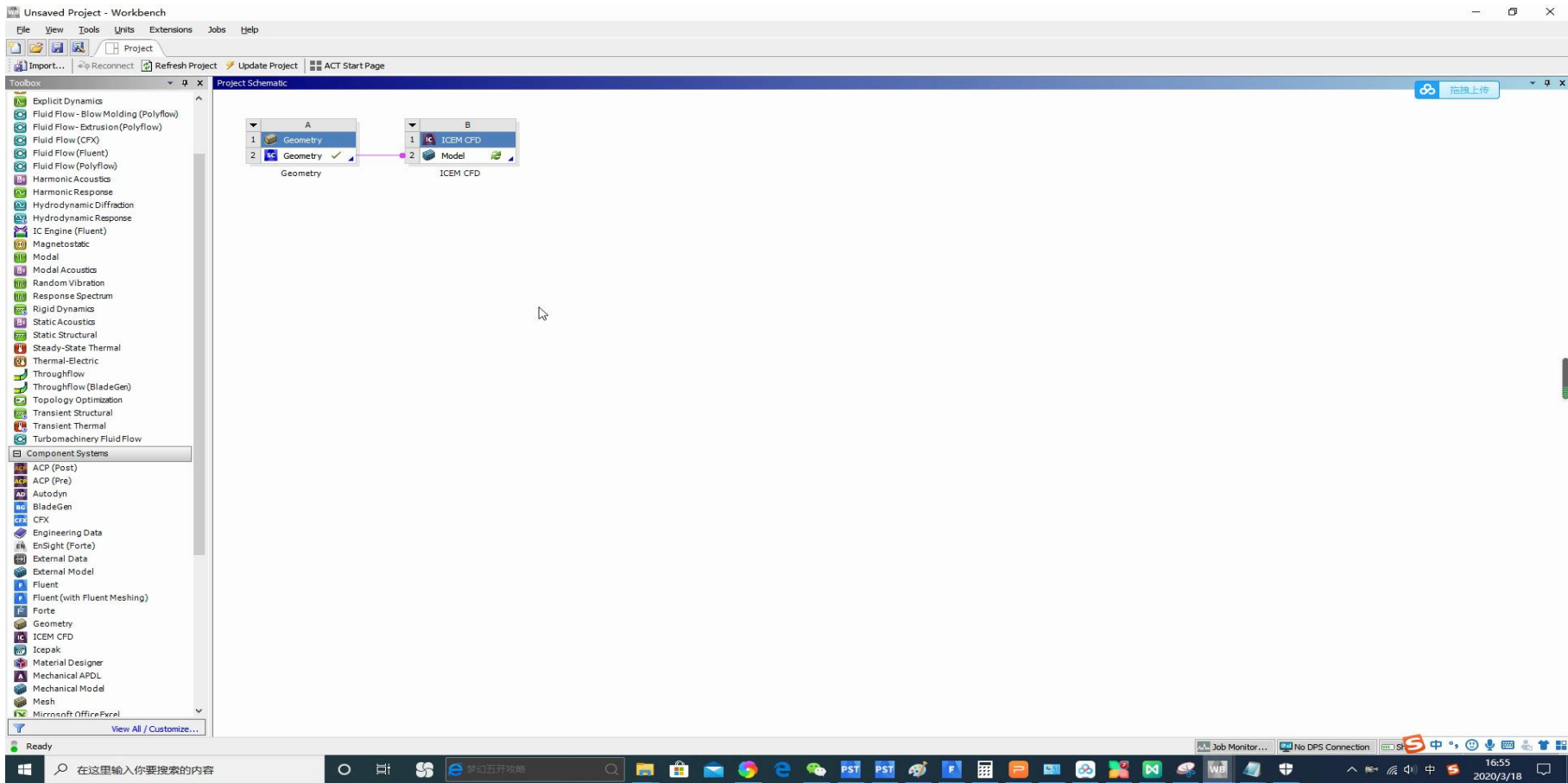
- 适用于任意复杂的几何。
- 能够快速、自动的划分满足计算要求的网格。

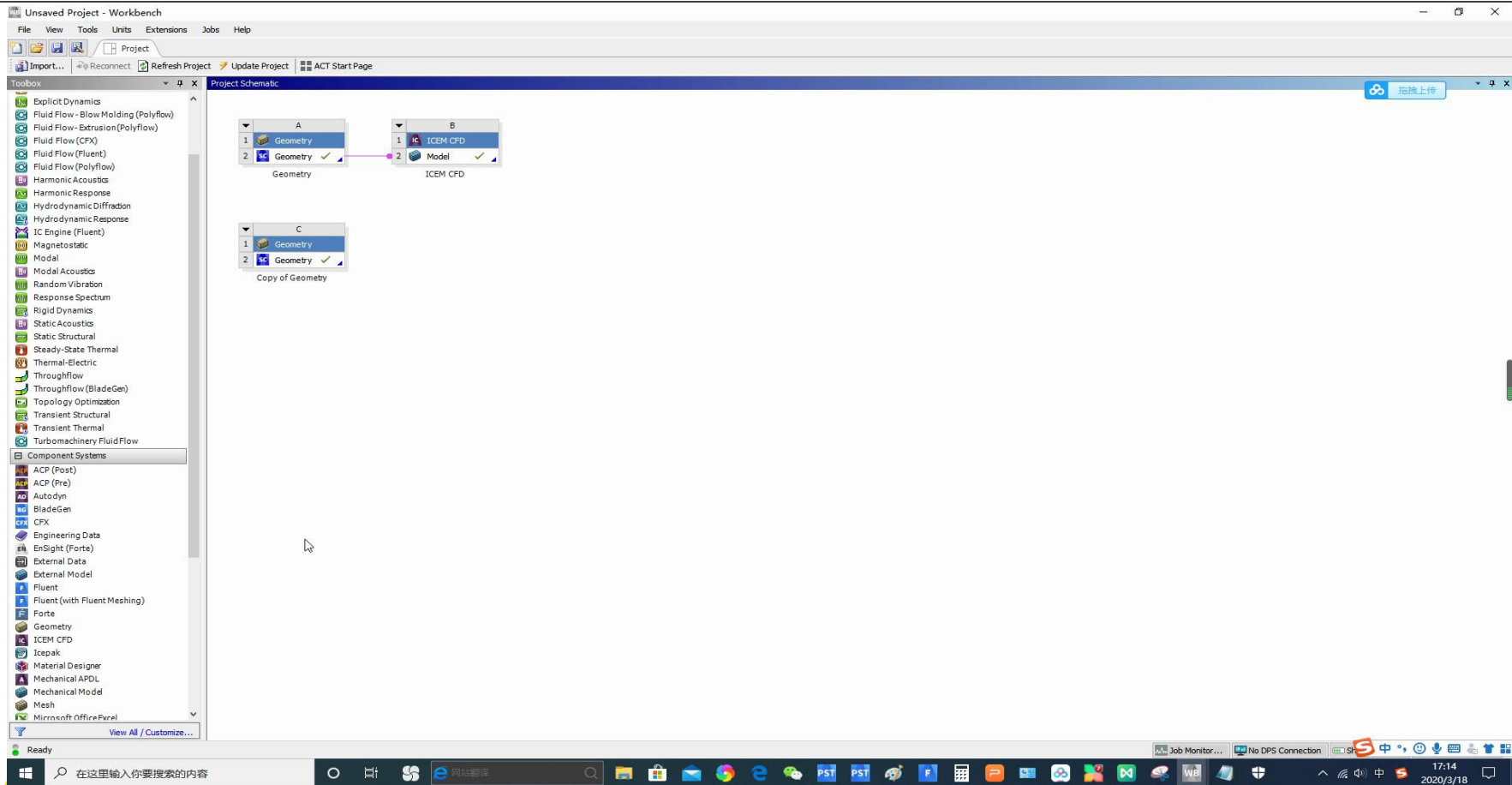
缺点:

- 同等尺寸下，网格数量远大于结构网格。
- 针对复杂的物理现象收敛性较差或者不收敛。
- 针对部分问题精度不够

适用性:

- 计算机资源充足。
- 几何模型复杂。





目录 CONTENTS

1 旋风分离器研究进展

2 网格划分介绍

3 单相流场数值模拟

4 两相流场数值模拟

✓ 稳态计算:

物理模型:

- Reynolds Stress

边界条件:

- 速度入口/压力出口。
- 压力入口/速度出口。

求解算法:

- 压力速度耦合算法: SIMPLEX
- 压力差值格式: PRESTO!
- 湍流参数差值格式: First Order Upwind
- 监控变量: 入口平均压力; 出口平均速度;

✓ 瞬态计算:

求解算法:

- 湍流相关参数差值格式: Third Order MUSCL

收敛残差:

- 此时可以将 连续性方程残差设置为 $1e-4$;

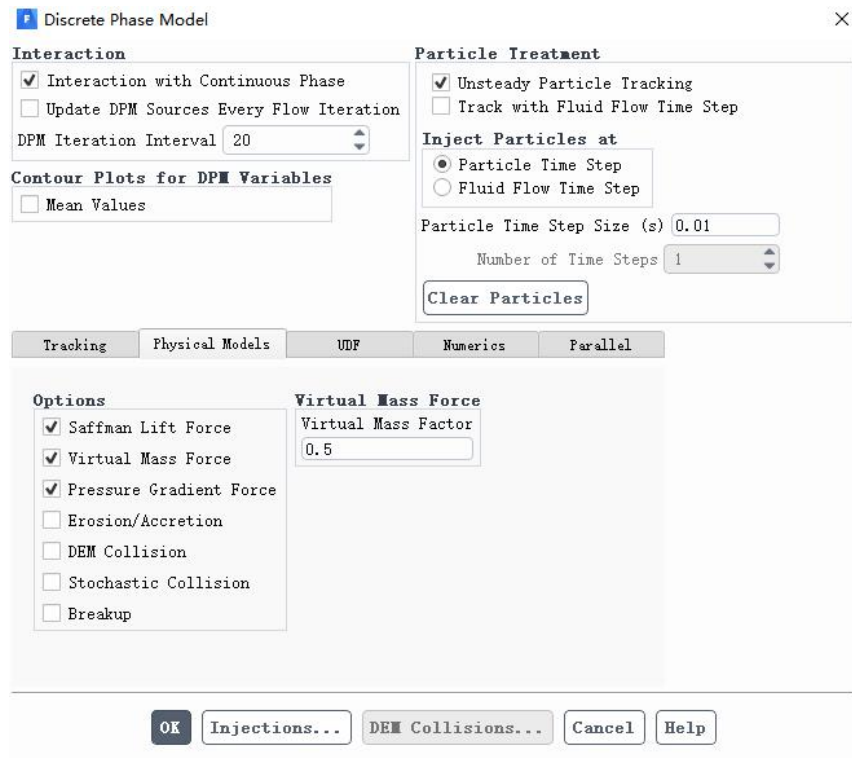
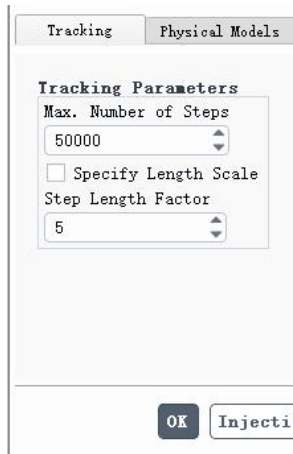
时间步长:

- 一般 $1e-3s$ 基本上可以收敛, 如果不收敛, 可以改为上述数值的 $1/10$, 收敛后再进行调整

✓ 两相流场:

物理模型:

- Discrete Phase



✓ 两相流场:

物理模型:

- Discrete Phase

Set Injection Properties

Injection Name: injection-0
Injection Type: surface
 Highlight Surfaces

Release From Surfaces: Filter Text

- inlet
- interior
- outlet
- wall1
- wall2
- wall2.1
- wall2.2
- wall2.2-shadow

Particle Type

Massless Inert Droplet Combusting Multicomponent

Laws

Custom

Material: anthracite
Diameter Distribution: rosin-ramaler
Oxidizing Species:
Discrete Phase Domain: none

Evaporating Species:
Devolatilizing Species:
Product Species:

Point Properties | Physical Models | Turbulent Dispersion | Parcel | Wet Combustion | Components | UDF | Multiple Reactions

Variable	Value
Start Time (s)	0
Stop Time (s)	1
Velocity Magnitude (m/s)	20
Total Flow Rate (kg/s)	1e-20
Min. Diameter (m)	1e-6
Max. Diameter (m)	0.0001
Mean Diameter (m)	1e-5
Spread Parameter	3.5
Number of Diameters	10

Stagger Options

Stagger Positions
Stagger Radius (m): 0

Scale Flow Rate by Face Area
 Inject Using Face Normal Direction

OK File... Cancel Help

✓ 两相流场:

The image shows a software dialog box titled "Wall" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following fields and options:

- Zone Name:** A text input field containing "wall1".
- Adjacent Cell Zone:** A text input field containing "wall2-fluid1".
- Model Selection:** A row of tabs including "Momentum", "Thermal", "Radiation", "Species", "DFM" (which is selected), "Multiphase", "UDS", "Wall Film", "Potential", and "Structure".
- Discrete Phase Model Conditions:** A section with a dropdown menu for "Boundary Cond. Type" set to "trap".
- Buttons:** "OK", "Cancel", and "Help" buttons at the bottom.

✓ 两相流场:

Materials

Materials

- Fluid
 - air
- Solid
 - aluminum
- Inert Particle
 - anthracite

Create/Edit Materials

Name: anthracite

Material Type: inert-particle

Chemical Formula: anthracite

Fluent Inert Particle Materials: anthracite

Mixture: none

Properties

Density (kg/m3): constant

1550

Change/Create Delete Close Help

✓ 两相流场:

Run Calculation ?

Check Case... Preview Mesh Motion...

Time Advancement

Type: Fixed Method: User-Specified

Parameters

Number of Time Steps: 40000 Time Step Size (s): 1e-4

Max Iterations/Time Step: 20 Reporting Interval: 1

Profile Update Interval: 1

Options

Extrapolate Variables

Report Simulation Status

Solution Processing

Statistics

Data Sampling for Time Statistics

Sampling Interval: 1 Sampled Time (s): 0

Sampling Options...

Data File Quantities...

Solution Advancement

Calculate

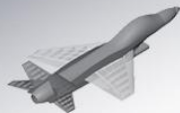
The screenshot displays the ANSYS Workbench Project Schematic for a two-phase flow simulation. The interface includes a Toolbox on the left, a Project Schematic in the center, and a Windows taskbar at the bottom.

Toolbox: Lists various simulation components, including Fluid Flow (Blow Molding, Extrusion, CFX, Fluent, Polyflow), Harmonic Acoustics, Hydrodynamic Diffraction, IC Engine (Fluent), Magnetostatic, Modal, Modal Acoustics, Random Vibration, Rigid dynamics, Static Acoustics, Static Structural, Steady-State Thermal, Thermal-Electric, Throughflow, Throughflow (BladeGen), Topology Optimization, Transient Structural, Transient Thermal, Turbomachinery Fluid Flow, and Component Systems (ACP, Autodyn, BladeGen, CFX, Engineering Data, EnSight, External Data, External Model, Fluent, Fluent (with Fluent Meshing), Forte, Geometry, ICEM CFD, Icepak, Material Designer, Mechanical APDL, Mechanical Model, Mesh, Mirracoft Office Pyrel).

Project Schematic: Shows a workflow with four main components:

- Geometry (A):** Contains two sub-components: 1. Geometry and 2. Geometry.
- ICEM CFD (B):** Contains two sub-components: 1. ICEM CFD and 2. Model. A pink arrow points from the second Geometry component to the ICEM CFD component.
- Copy of Geometry (C):** Contains two sub-components: 1. Geometry and 2. Geometry. A pink arrow points from the second Copy of Geometry component to the Setup sub-component of the Fluent component.
- Fluent (with Fluent Meshing) (D):** Contains four sub-components: 1. Fluent (with Fluent Meshing), 2. Mesh, 3. Setup, and 4. Solution. A pink arrow points from the second Copy of Geometry component to the Setup sub-component.

The Windows taskbar at the bottom shows the system time as 17:42 on 2020/3/18, along with various application icons and system tray icons.



谢 谢

地址：北京市朝阳区八里庄东里1号莱锦TOWN园区Cn08座

邮编：100025

电话：+86-10-52167777

热线：400-6600-388

传真：+86-10-52167799

主页：www.peraglobal.com