



IDAJ中国 技术部
流体分析与开发组 翻译整理
2020.07

Ansys Fluids 2020R2 Update

~Fluent新功能~

目录

1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoint / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

目录

1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoint / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

FTM/WTM: 列表中的通配符选择

- 在FTM / WTM的任何任务中，有需要从列表中进行选择的，可使用通配符进行选择
 - 输入带通配符的字符串（例如，In*），匹配的标签(labels)将自动被选择。
 - 通配符字符串保留在日志命令中，以供将来具有匹配的标签/区域的工作流执行使用。
- 支持的通配符：
 - *: in* 将列出所有从in开始的标签，输入*in* 将列出所有名称中带有“in”的标签
 - ?: 代替一个未知字符，例如：grey和gray可以用 gr?y 一起列出，这里？ 对应一个未知字符
 - []: [ot] 将列出所有以字母“o”或字母“t”开头的标签。输入[a-z]将列出所有以a到z范围内的字母开头的标签。

Would you like to add local sizing?

Add Local Sizing

Name

Growth Rate

Size Control Type

Target Mesh Size

Select By

[2/11]

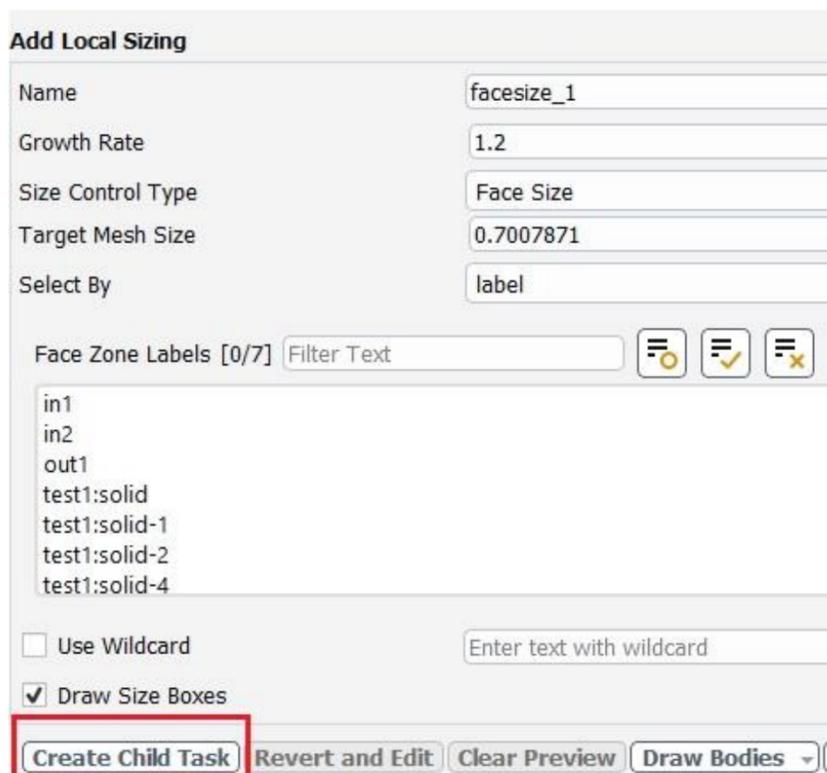
in1
in2

Draw Size Boxes

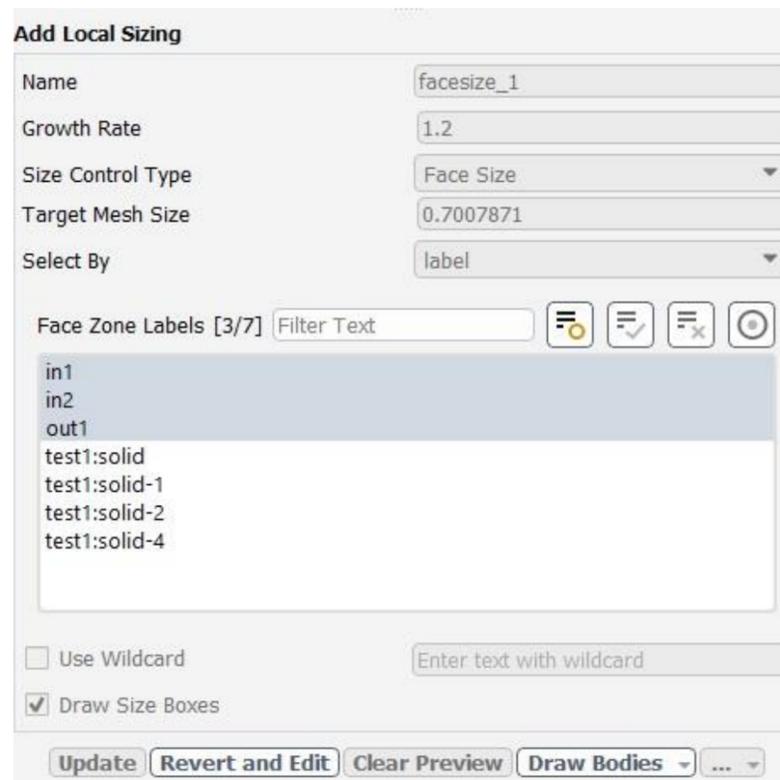
...

FTM/WTM: 明确子任务的按钮命名

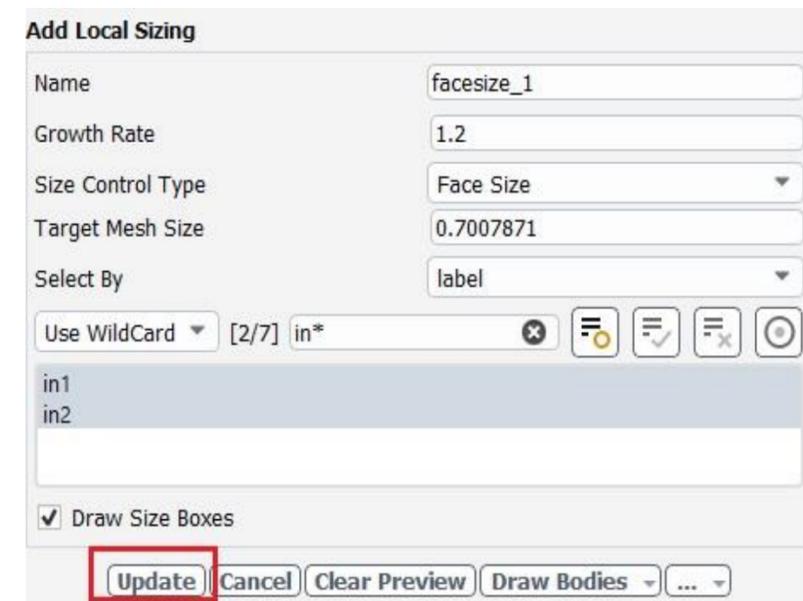
- 现在子任务按钮的标签做了调整， 以便其使用方法对于用户更直观。
- 现在， 主要复合任务的执行按钮标签为 “Create Child Task”， 而创建的子任务的执行按钮标签为 “Update”， 如下图所示：



父任务



执行的子任务



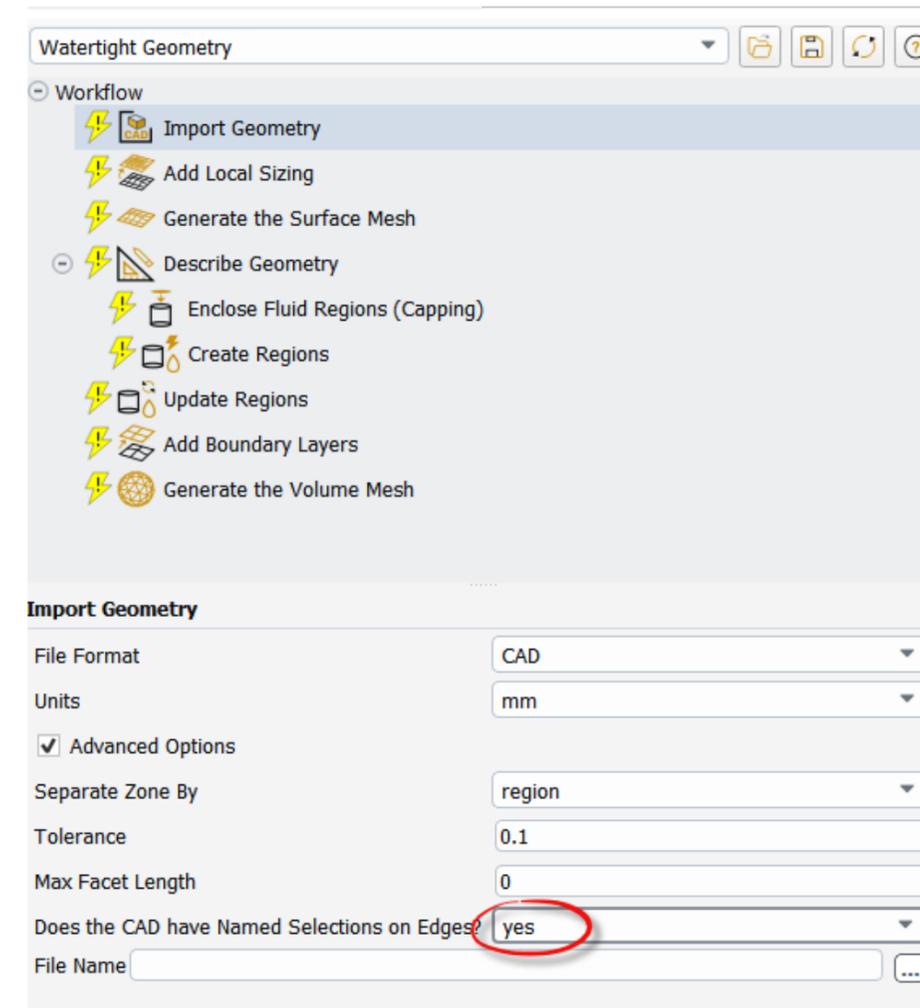
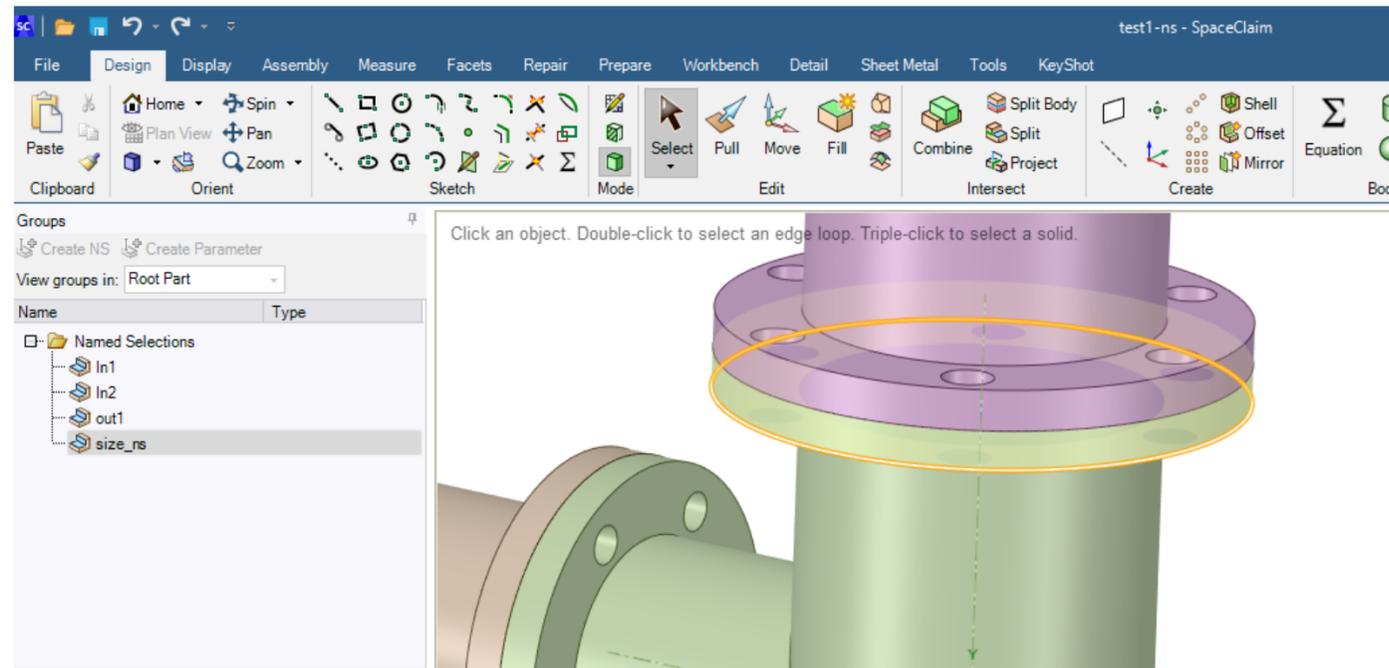
在 “Revert and Edit” 子任务之后

WTM: 支持在标记的边(Labeled Edges)上设置局部尺寸(Local Sizing)

1. 首先在SpaceClaim中为所选的边命名
(Edge Named Selection)

2. 将模型导入工作流程之前:

- a. 启用**Advanced Options**
- b. 将此问题(下图)设置为**yes**

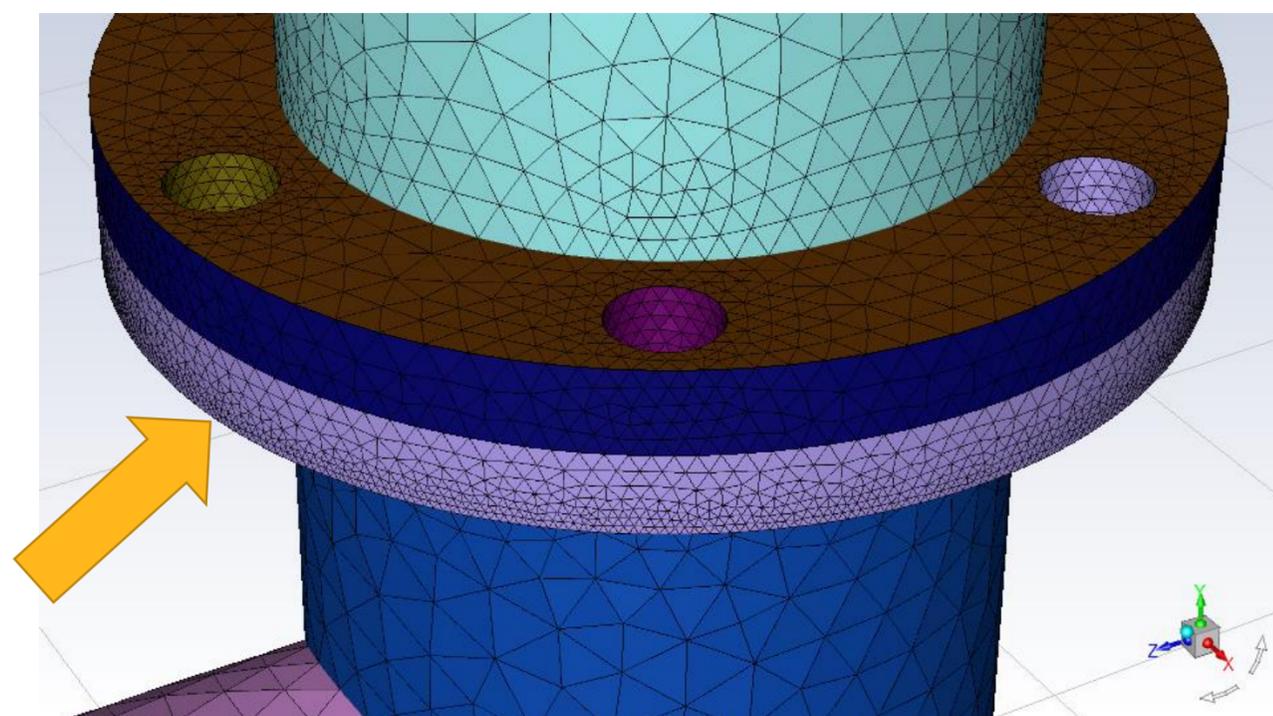
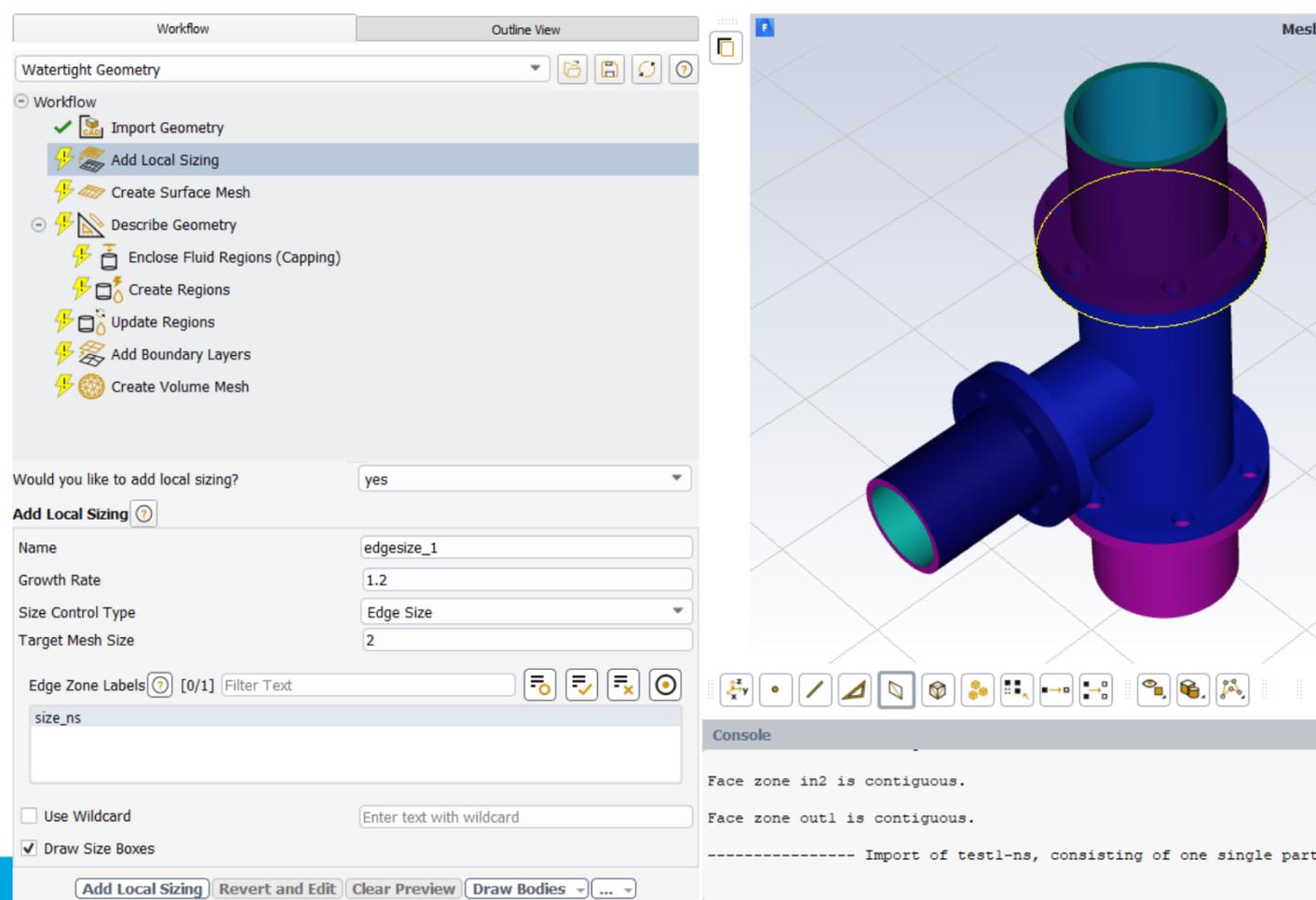


WTM: 支持在标记的边(Labeled Edges)上设置局部尺寸(Local Sizing)

3. 在Add Local Sizing中

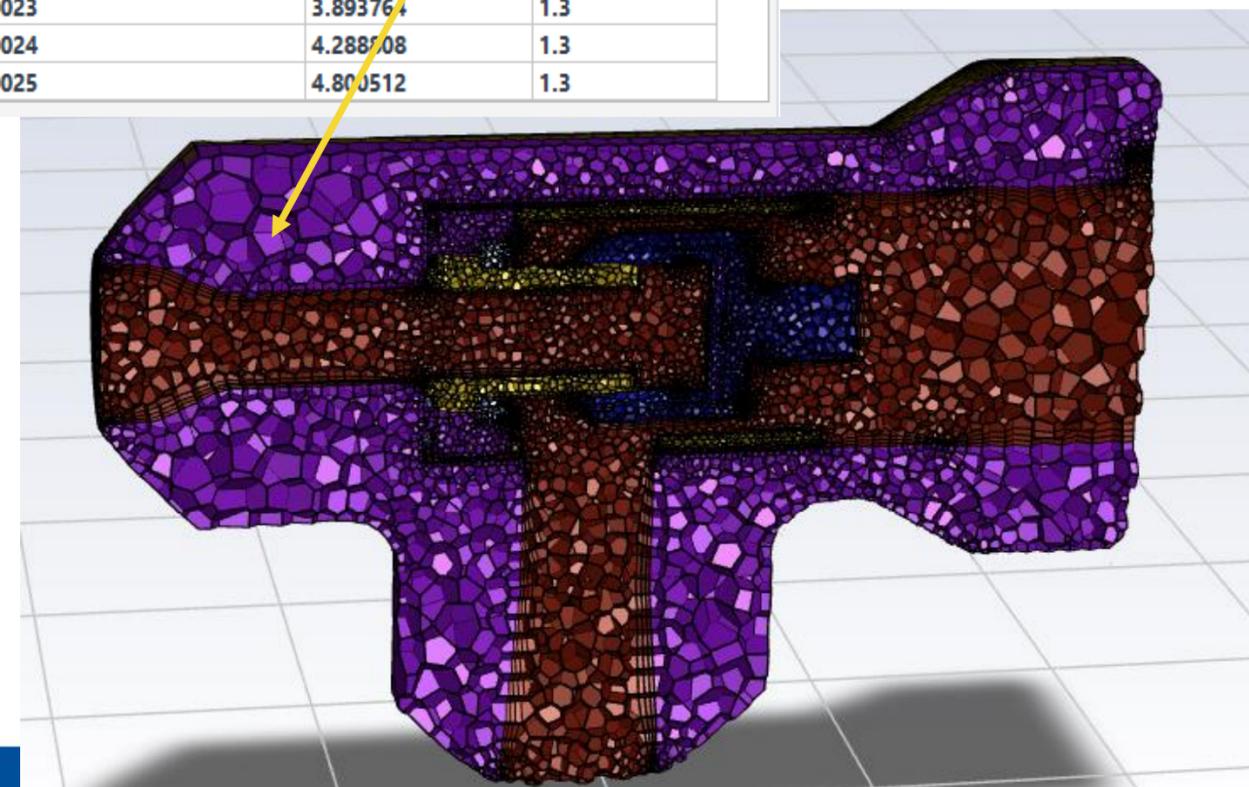
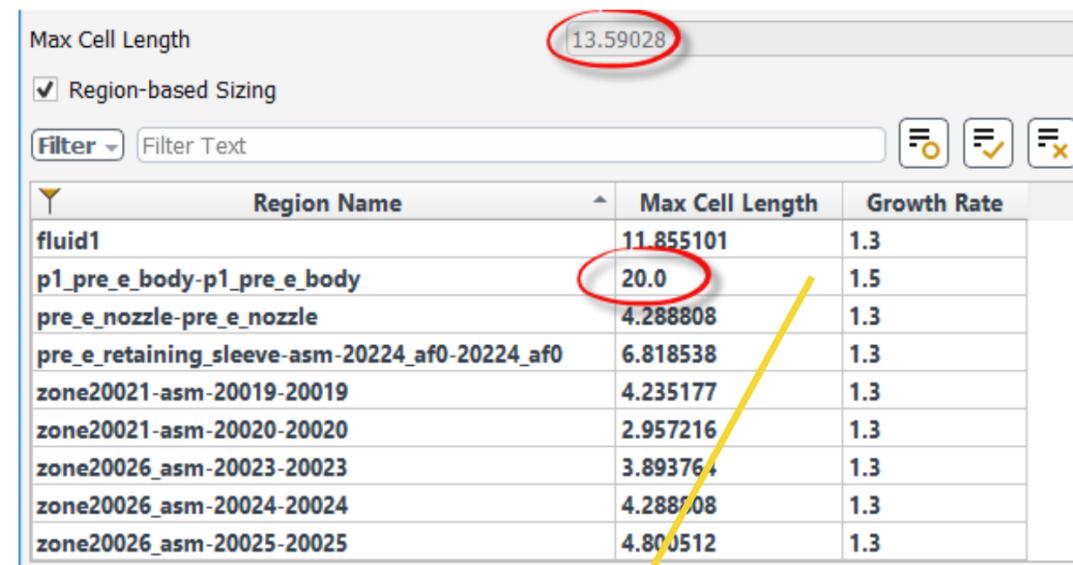
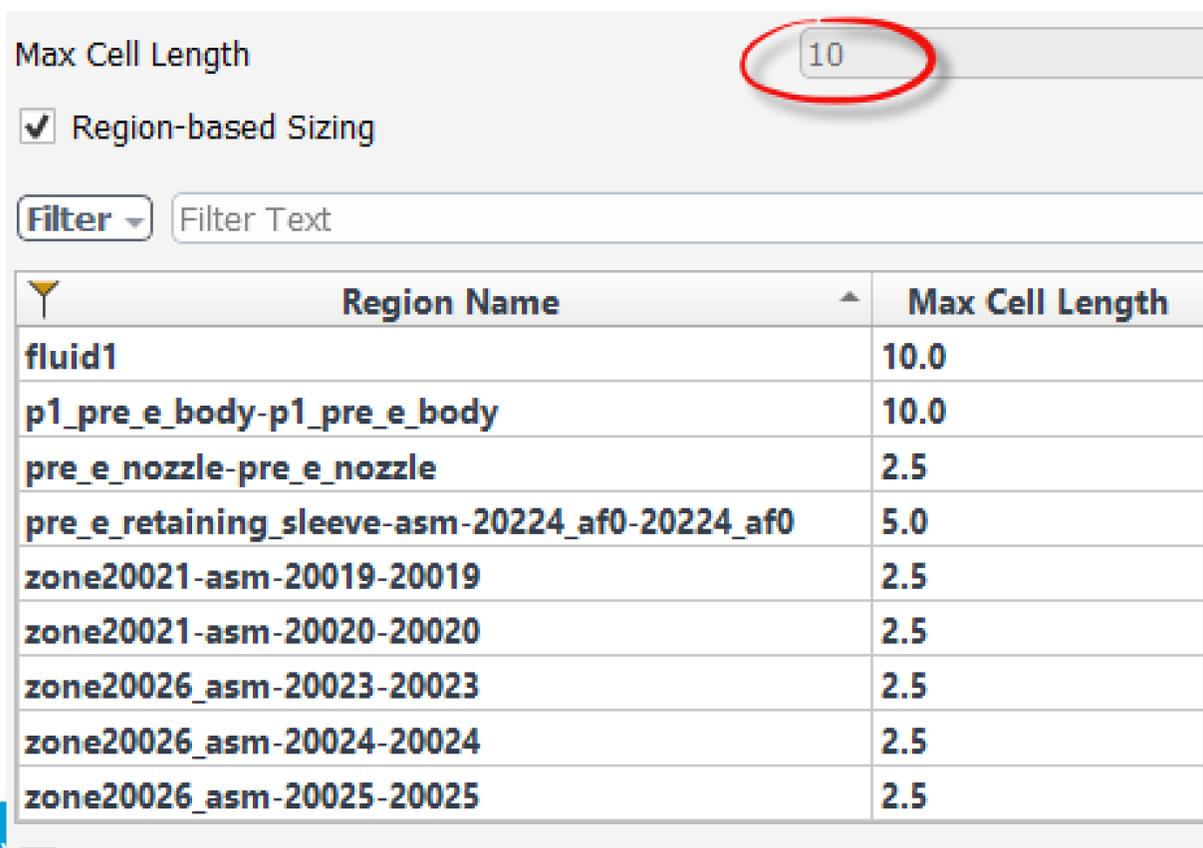
- a. 将**Size Control Type**设置为**Edge Size**
- b. 分配Target Mesh size
- c. 选择边
- d. Add Local Sizing

- 细化后的网格



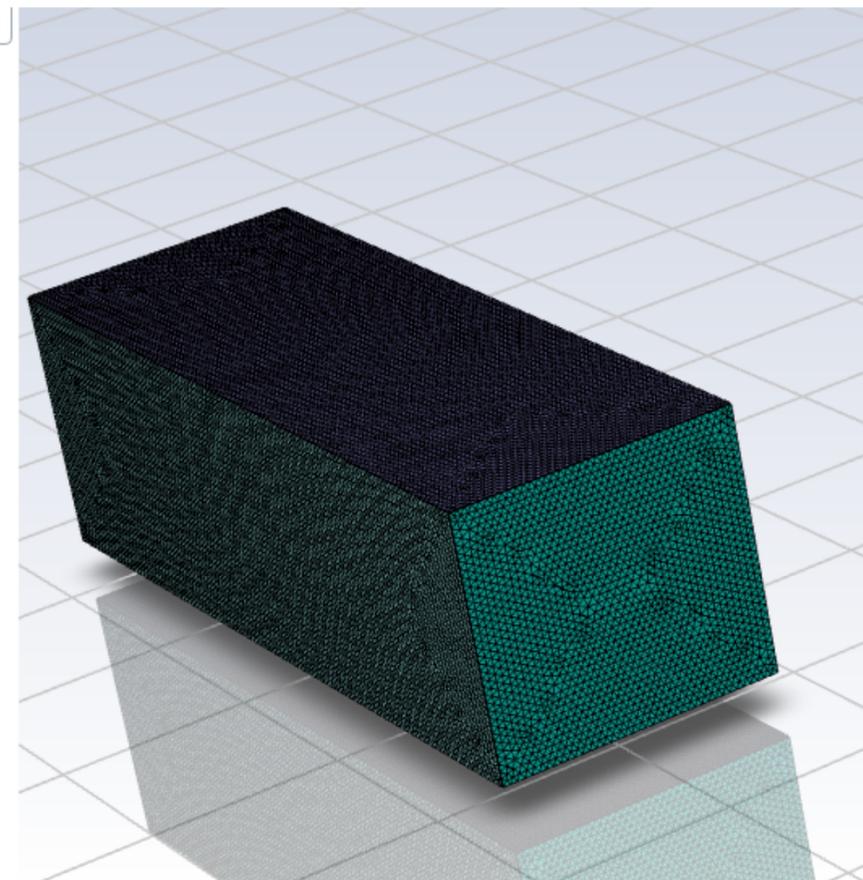
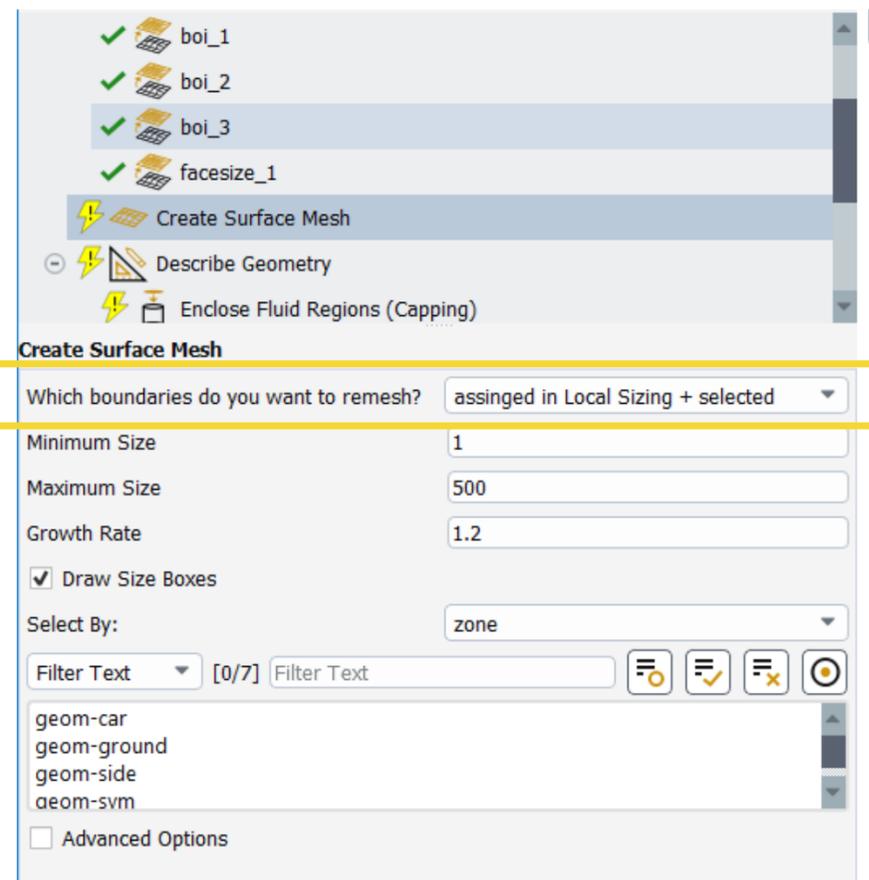
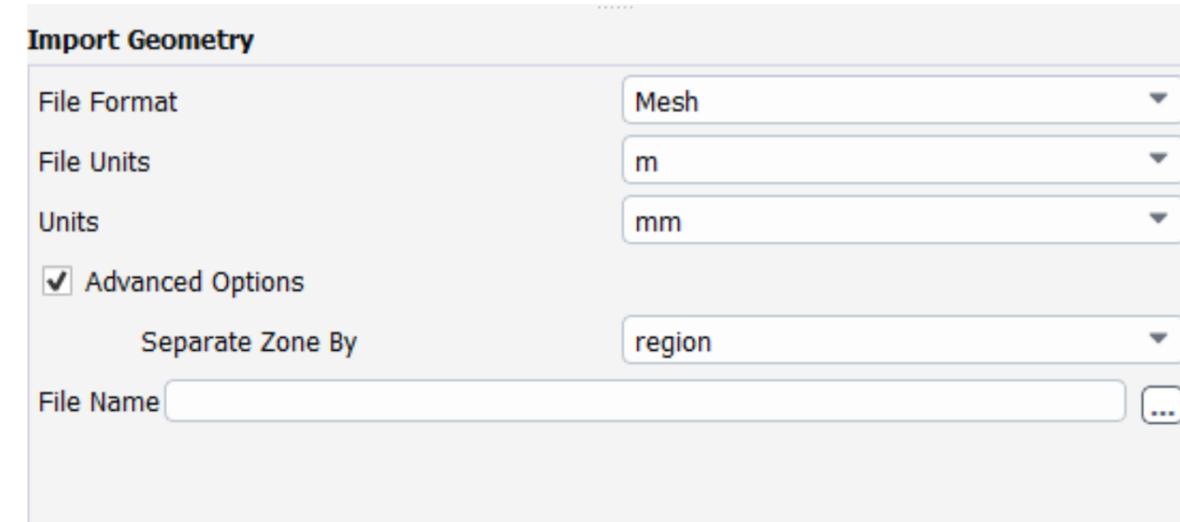
WTM: 支持特定区域(Region-specific)的尺寸调整

- 新增在 “Generate Volume mesh” 面板中分配特定区域尺寸的选项
 - 对于Poly和Tet
 - ✓ 指定Max Cell Length和Growth Rate
 - 对于Poly-Hexcore和HexCore
 - ✓ 指定Max Cell Length

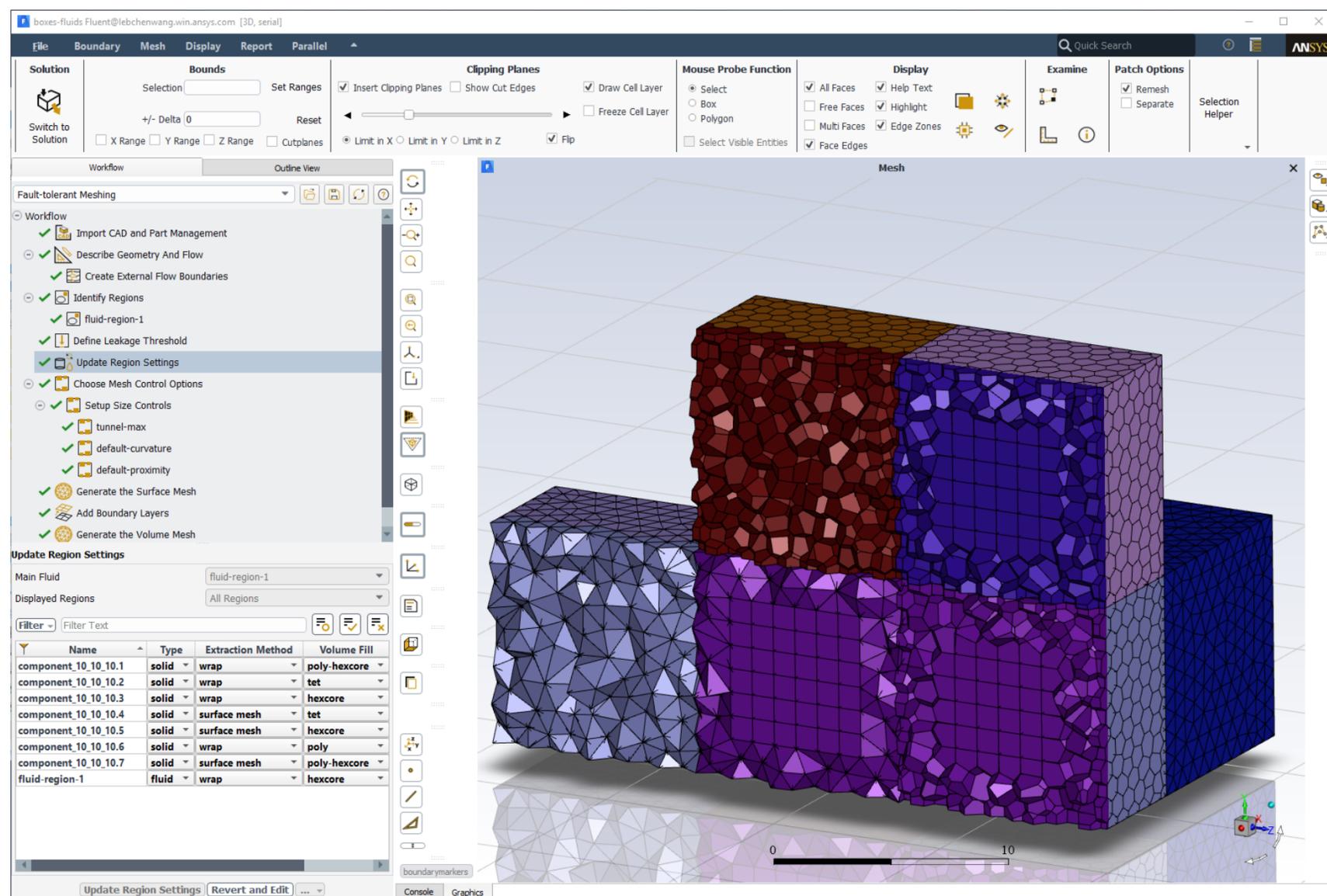


WTM: 从Imported Surface Mesh开始

- 从提取自msh或cas文件的现有表面网格开始
- 在Import Geometry中
 - File Format选择Mesh
 - 指定File Units
 - ✓ 网格单位
 - ✓ 如果File Units != Units, 网格将被缩放
- 灵活选择表面网格重构:
 - None
 - All
 - Selected
 - Assigned in Local Sizing
 - Assigned in Local Sizing + selected



FTM: Hex-core和Poly Hexcore固体



■ 扩展为完整兼容各种网格类型及固体域(面网格)抽取方法(搭配):

	Surface Mesh	Wrap
Tet	✓	✓
Hexcore	✓	✓
Poly	✓	✓
Poly-Hexcore	✓	✓

✓ : New in 2020 R2

FTM: 流体域Poly和Poly-Hexcore可生成连续棱柱层 (在所有拓扑域)

- 所有区域的棱柱层连续无台阶

Name	Type	Extraction Method	Volume Fill	Leakage Size
aft	void	none	none	
attachment	void	none	none	
fluid-region-1	fluid	wrap	poly-hexco	
fore	void	none	none	

Would you like to add boundary layers?

Add Boundary Layers

Name:

Offset Method Type:

Number of Layers:

First Aspect Ratio:

Growth Rate:

Add in:

Post Improvement Method:

Grow on:

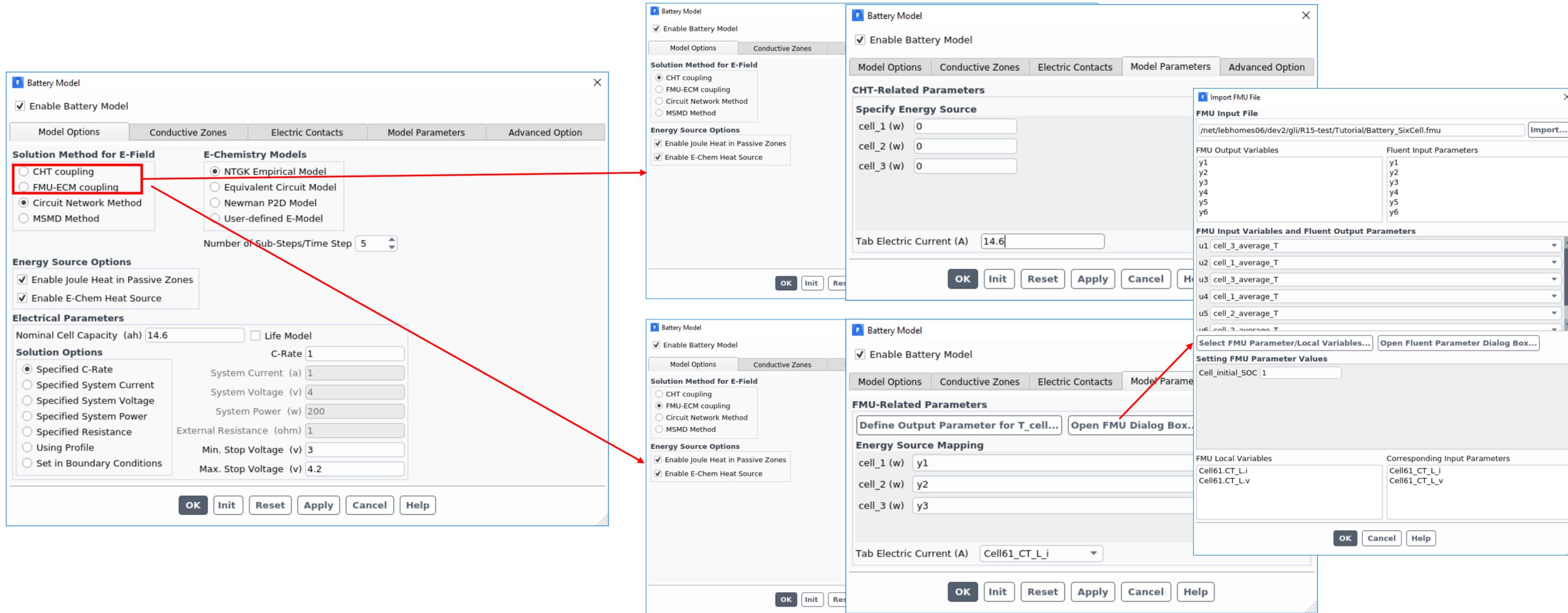
目录

1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoint / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

Fluent中电池(Batteries)的电-热仿真策略

- **CHT (仅)**: 稳态或非稳态的热量生成率是已知的或假定的。稳态或非稳态的端电流是已知的。仿真目的是预测电池模组/电池包中的温度。
 - 在电-热耦合领域执行的最简单类型的分析。
- **CHT + FMU**: 用户的电池已有等效电路模型(ECM), 想要将其应用在Fluent中进行热仿真。通过其他产品导出的FMUs导入ECMs。
- **CHT + ECM**: 用户想用电池热源的子模型代替假定的发热率。ECM是常用的选择。在这种耦合中, 每个电池单体与单体ECM耦合, 并且单体内的热源是均匀的。注意, 不同的电池仍可能具有不同的热源值。通常是瞬态的。
- **CHT + Advanced sub-models**: 对电池单体使用详细的电化学子模型。Fluent的多尺度多域 (MSMD) 方法通过均质假设, 求解单体内两个电势的输运方程。

不同方法之间的新的工作流程简化



The workflow consists of the following steps:

- Battery Model - Model Options:** The user selects the **Solution Method for E-Field** as **FMU-ECM coupling** (highlighted with a red box).
- Battery Model - Conductive Zones:** The user sets the **Specify Energy Source** for cell_1, cell_2, and cell_3 to 0, and sets **Tab Electric Current (A)** to 14.6.
- Battery Model - Electric Contacts:** The user sets the **Energy Source Mapping** for cell_1, cell_2, and cell_3 to y1, y2, and y3 respectively.
- Import FMU File:** The user imports the FMU file `/net/lebhomes06/dev2/gli/R15-test/Tutorial/Battery_SixCell.fmu. In the Setting FMU Parameter Values section, Cell_initial_SOC is set to 1. The Define Output Parameter for T_cell... button is used to map the output parameter to Cell61_CT_L_i.`

不同方法的设定简化和整合

The image displays four screenshots of the 'Battery Model' configuration interface, illustrating the simplification and integration of different methods:

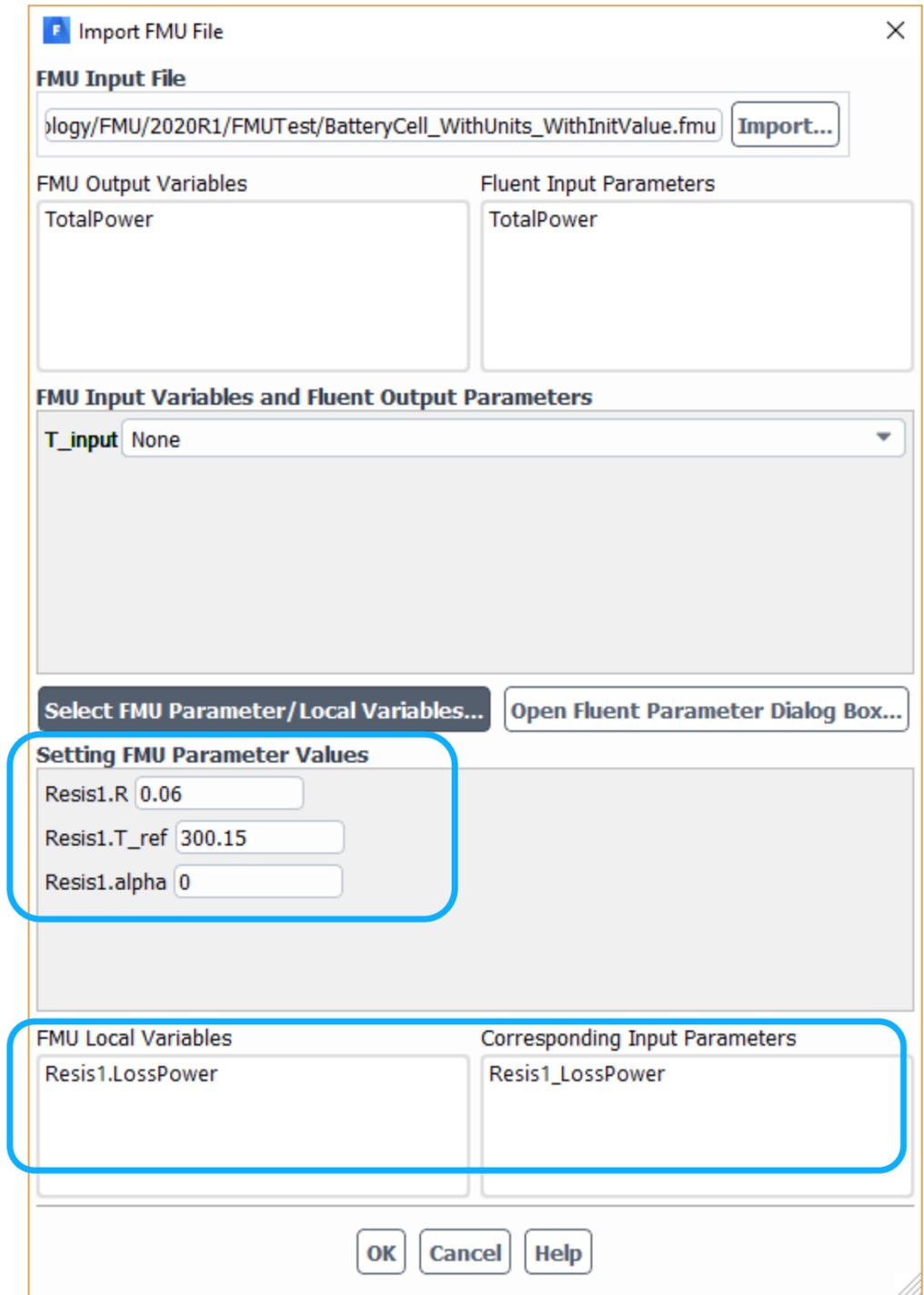
- Main Screenshot (Left):** Shows the 'Solution Method for E-Field' section with 'Circuit Network Method' selected. Other options include CHT coupling, FMU-ECM coupling, and MSMD Method. The 'E-Chemistry Models' section includes NTGK Empirical Model, Equivalent Circuit Model, Newman P2D Model, and User-defined E-Model. The 'Energy Source Options' section has 'Enable Joule Heat in Passive Zones' and 'Enable E-Chem Heat Source' checked. The 'Electrical Parameters' section includes Nominal Cell Capacity (14.6 ah), C-Rate (1), System Current (1 a), System Voltage (4 v), System Power (200 w), External Resistance (1 ohm), Min. Stop Voltage (3 v), and Max. Stop Voltage (4.2 v).
- Middle-Right Screenshot:** Shows the 'Solution Method for E-Field' section with 'FMU-ECM coupling' selected. The 'Energy Source Options' section is also visible.
- Top-Right Screenshot:** Shows the 'Specify Energy Source' section with input fields for cell_1 (w), cell_2 (w), and cell_3 (w), all set to 0. The 'Tab Electric Current (A)' is set to 14.6.
- Bottom-Right Screenshot:** Shows the 'FMU-Related Parameters' section with a button 'Open FMU Dialog Box...' highlighted. The 'Energy Source Mapping' section includes dropdown menus for cell_1 (w), cell_2 (w), and cell_3 (w). The 'Tab Electric Current (A)' is set to Cell61_CT_L_i.

管理附加的FMU参数

- 添加对内部FMU参数值和FMU内部变量的访问
- 选择要调整的FMU参数
- 选择FMU局部变量以显示为Fluent输入参数

示例：调整电池单元的内电阻

示例：访问电阻损耗内部变量



电池寿命模型

■ 容量衰减机制

- 过度充电, 电解质分解, SEI增长, 副反应, 机械裂纹.....

■ 电池寿命

- 日历寿命 + 循环寿命

■ 日历寿命模型

$$\text{Calendar life loss} = A \exp \left[-E \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right] t^\alpha$$

■ 循环寿命模型

● 基于物理的模型

- 用于Newman P2D模型, 主要考虑SEI层的生长。

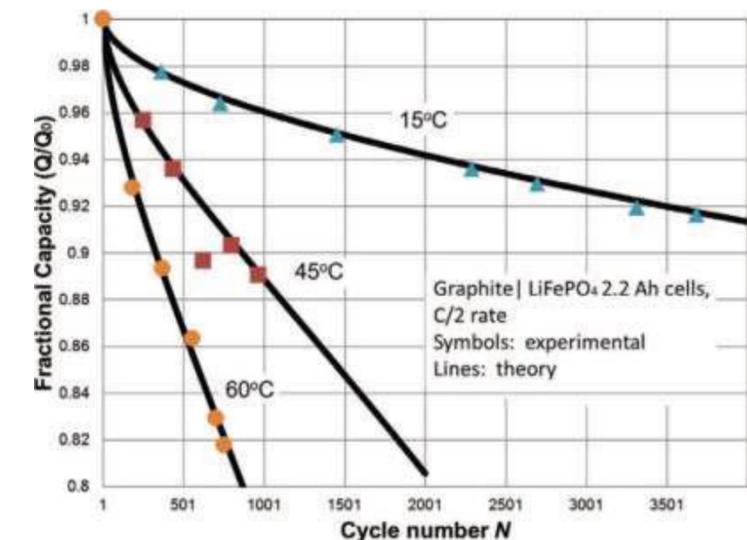
● 基于经验关联式模型

- 模型参数 (电池容量, 内阻.....) 与温度, 时间和循环次数的关系

$$\text{Cycle life loss} = f(T, N_{\text{cycle}})$$

$$\text{Capacity Correction Factor (CCF)} = 1 - (\text{Calendar life loss} + \text{cycle life loss})$$

$$Q_{\text{usable}} = Q_{\text{nominal}} \times \text{CCF}$$



Source: R. Deshpande, et al, *J. of The electrochemical Society*, 157(8), 2010.

电池寿命影响 (长期)

■ 长期电池寿命

- 受日历年龄和周期数控制

MSMD Battery Model

Enable MSMD Battery Model

Model Options | Model Parameters | Conductive Zones | Electric Contacts | Advanced Option

E-Chemistry Models

NTGK Empirical Model
 Equivalent Circuit Model
 Newman P2D Model
 User-defined E-Model

Solution Method for E-Field

Circuit Network Method
 Solving Transport Equation
 Reduced Order Method

Energy Source Options

Enable Joule Heat in Tab/Busbar Zones
 Enable Joule Heat in Active Zones
 Enable E-Chem Heat Source

Solution Controls

Current Under-Relaxation: 1
 Voltage Correction Under-Relaxation: 1

Electrical Parameters

Nominal Cell Capacity (ah): 14.6 Enable Life Model

Life Model

Calendar Time (wk): 0 **Calendar Life - Input Parameters**
 Cycle Number: 0 **Cycle Life - Capacity Fading Table**
 Temperature (K): 300

Solution Options

Specified C-Rate (C-Rate: 1)
 Specified System Current (System Current (a): 1)
 Specified System Voltage (System Voltage (v): 4)
 Specified System Power (System Power (w): 60)
 Specified Resistance (External Resistance (ohm): 1)
 Using Profile (Min. Stop Voltage (v): 3)
 Set in Boundary Conditions (Max. Stop Voltage (v): 4.3)

OK Init Reset Apply Cancel Help

Calendar Life Parameters

Input Parameters

Ref. Temperature (K): 300
 Pre-exponential Factor: 0
 Activation Energy: 0
 Exponent value: 0

OK Cancel Help

Capacity Fading Table

Number of Temperature Levels: 2
 Number of Cycle Number Levels: 11

Temperature (k)

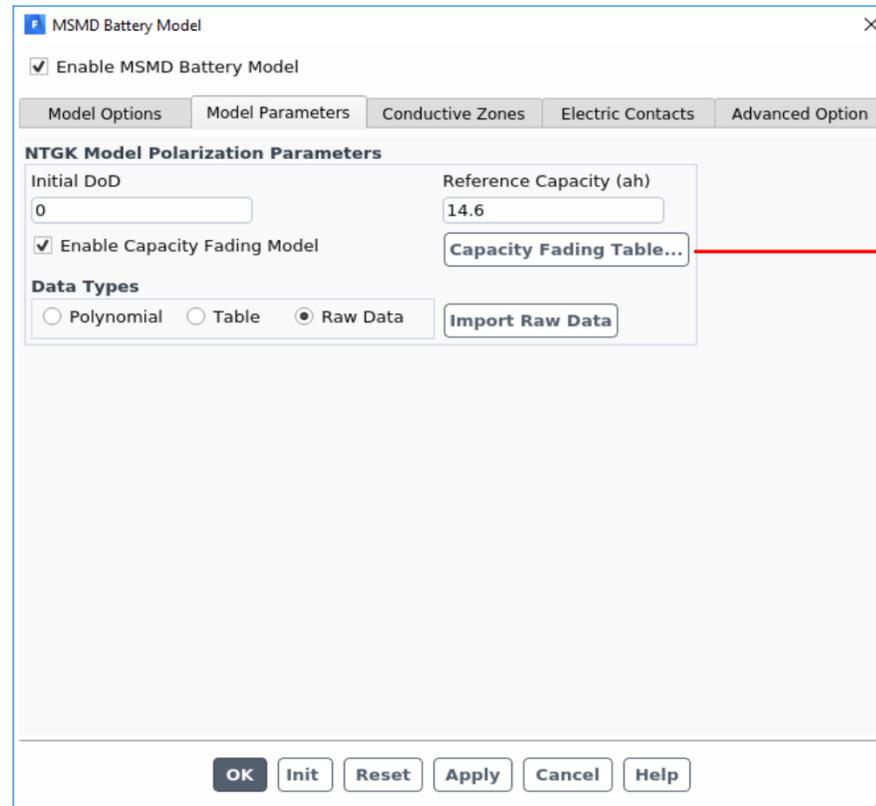
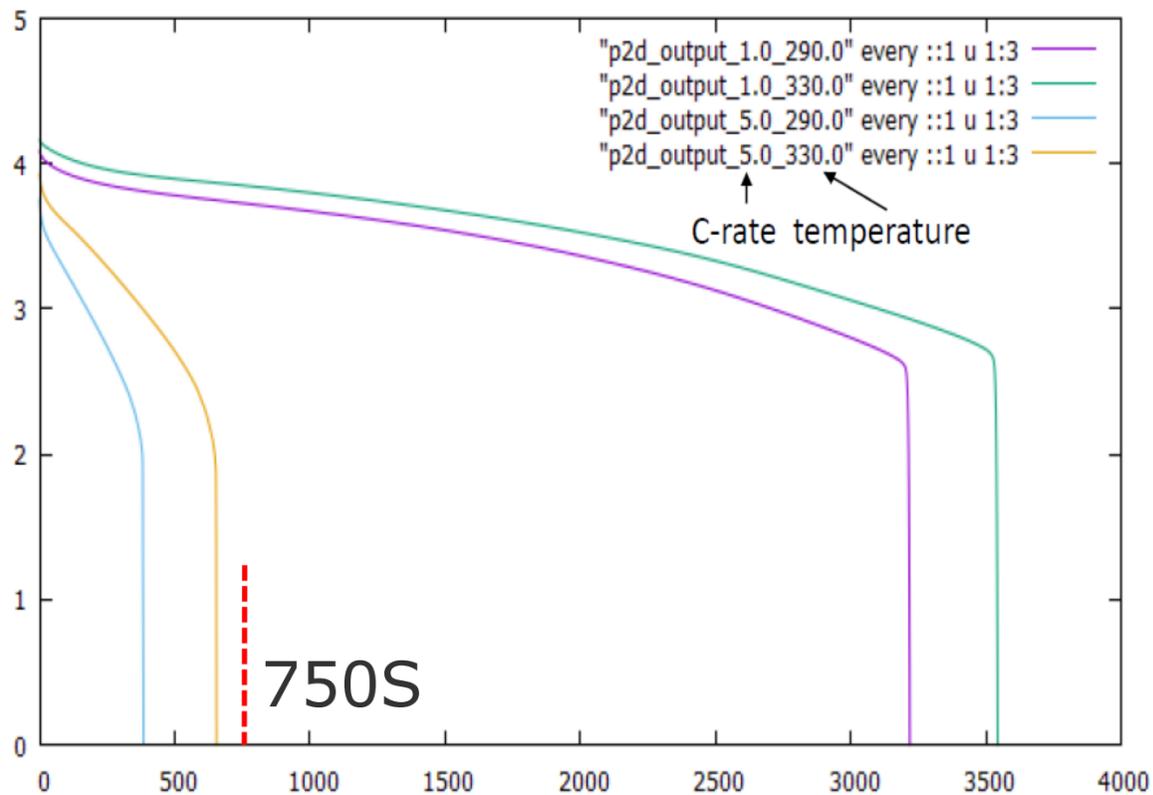
298 320

Cycle Number	Capacity fading value (%)	
0	0	0
100	0	0
200	0	0
300	0	0
400	0	0
500	0	0
600	0	0
700	0	0
800	0	0
900	0	0
1000	0	0

OK Read... Write... Cancel Help

容量衰减 (短期)

- 寿命模型考虑了长时间内电池的容量损失。容量衰减模型会考虑电池在短时间内的容量损失。
- 容量衰减示例：基于放电C速率和温度的容量损失



C-rate	Temperature (k)		
	290	300	310
1	0.04111111	0.04138889	0.04111111
2	0.04416667	0.04277778	0.04222222
3	0.046	0.0445	0.04375
4	0.04711111	0.04577778	0.04555556
5	0.05027778	0.04805556	0.04666667

如果没有容量损失，则在1C和5C放电时，电池可持续使用3600s和720S。

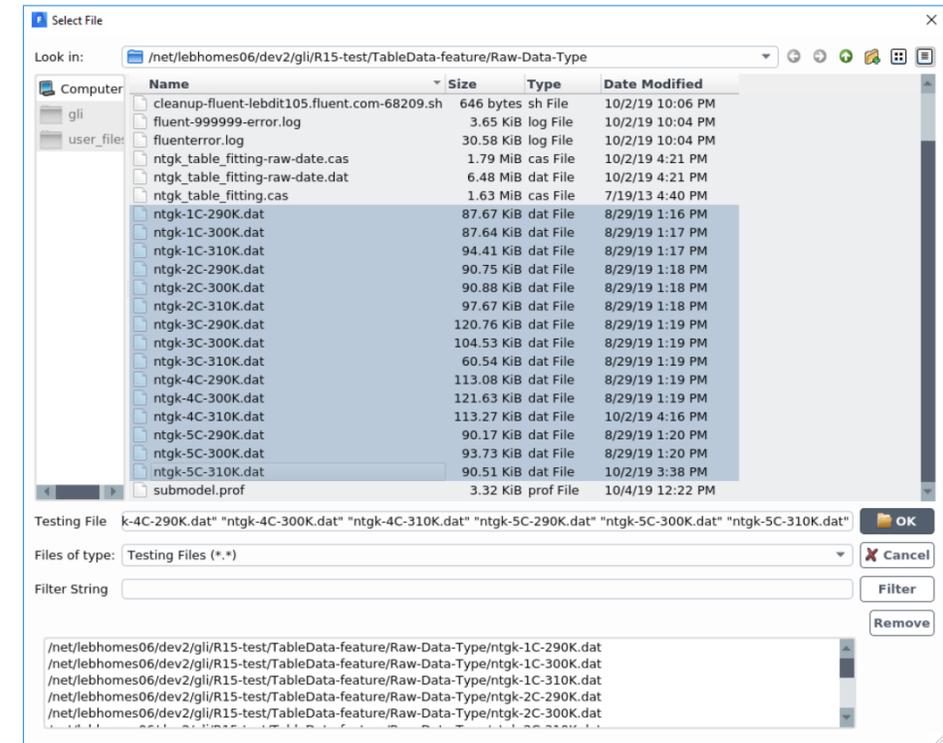
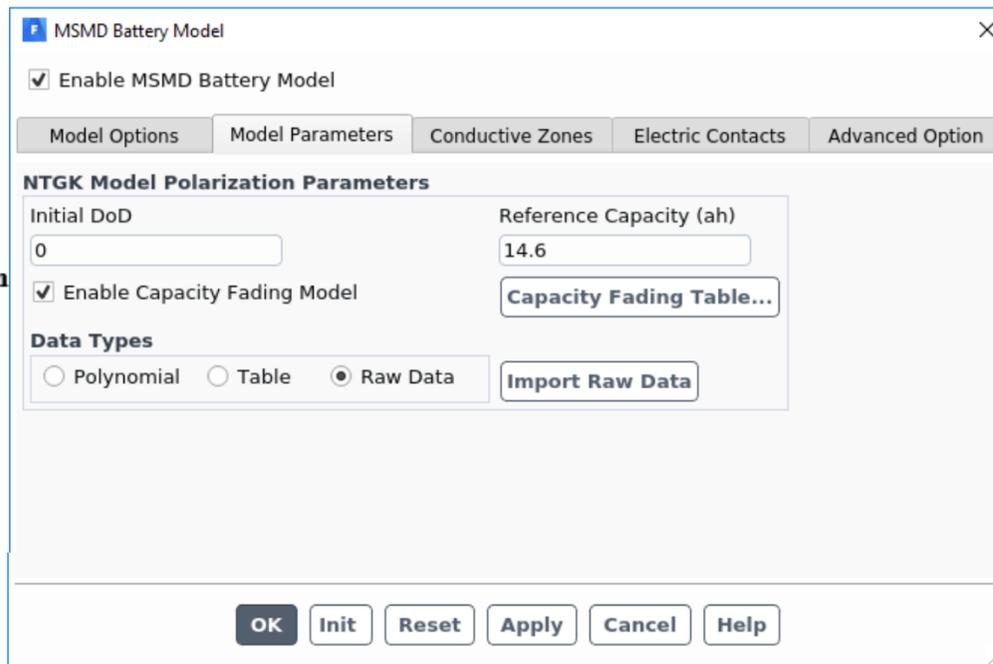
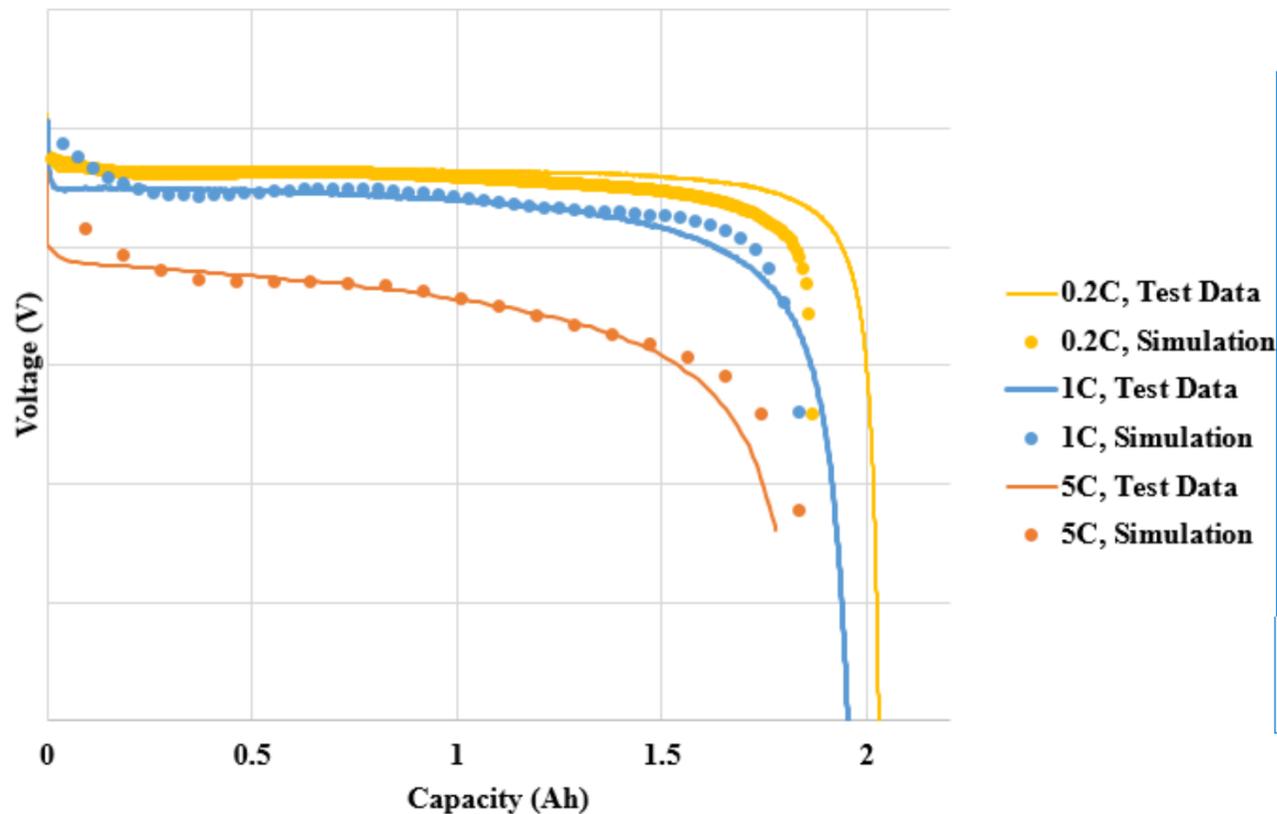
$$Capacity\ loss = 1 - \frac{Total\ discharge\ Time * Crate}{3600}$$

NTGK模型的原始数据导入

■ NTGK模型限制

- I和V之间的线性关系
- U和Y仅是放电深度和温度的函数

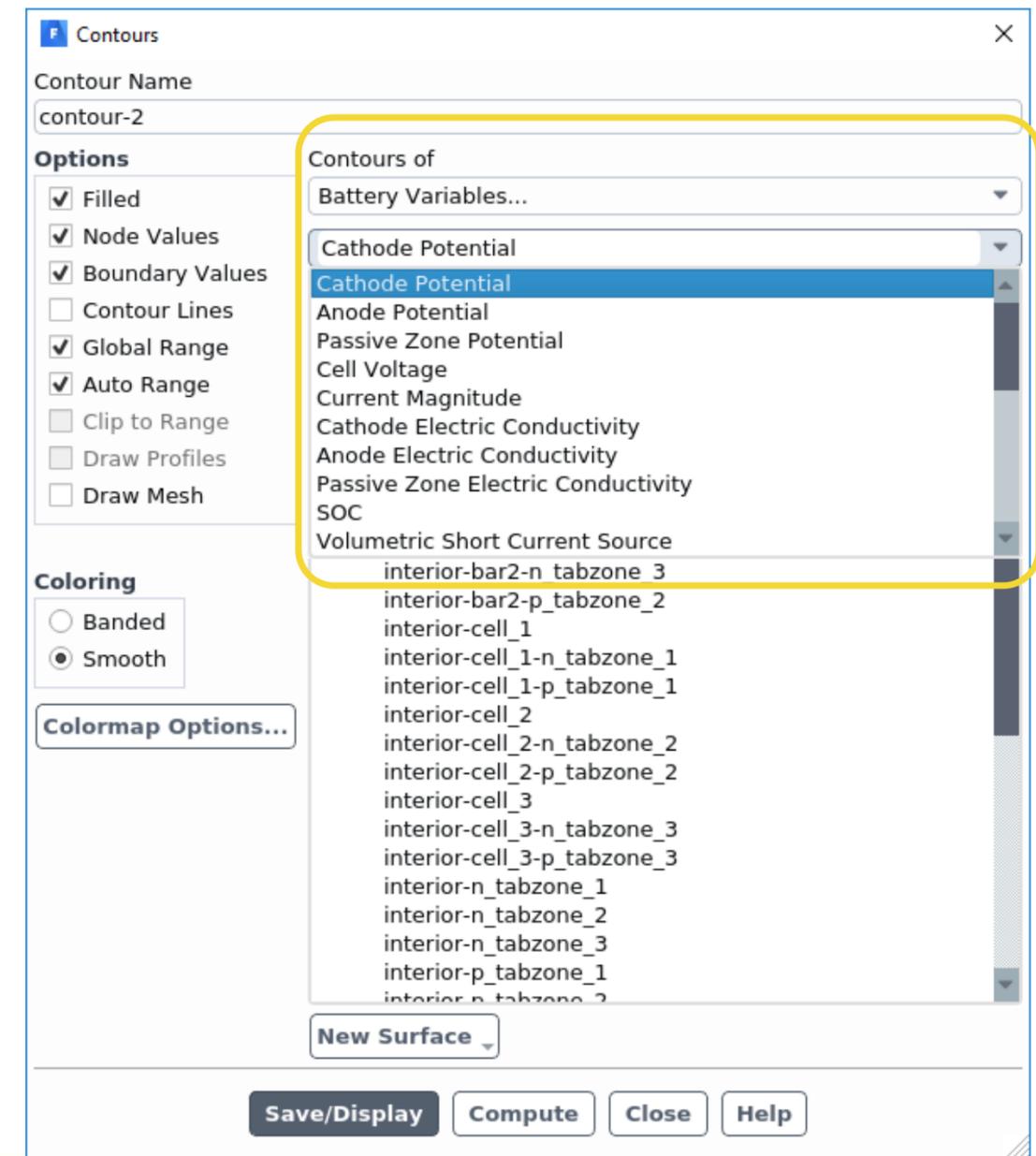
$$I = Y(U_{ocv} - V)$$



■ 代替使用假定的线性关系，可以从实验原始数据中即时插值U~I关系。

电池模型的易用性

- 用户自定义标量(User-Defined Scalars)和用户自定义存储(User-Defined Memory)在界面上替换为直接集成的场变量(Field Quantities)。

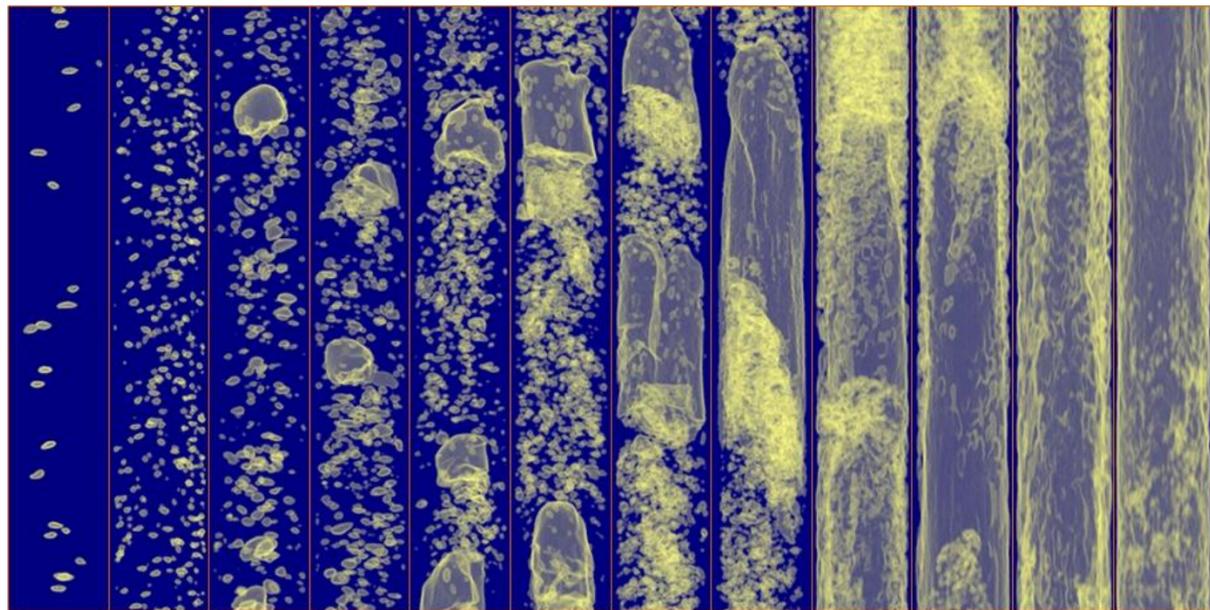


目录

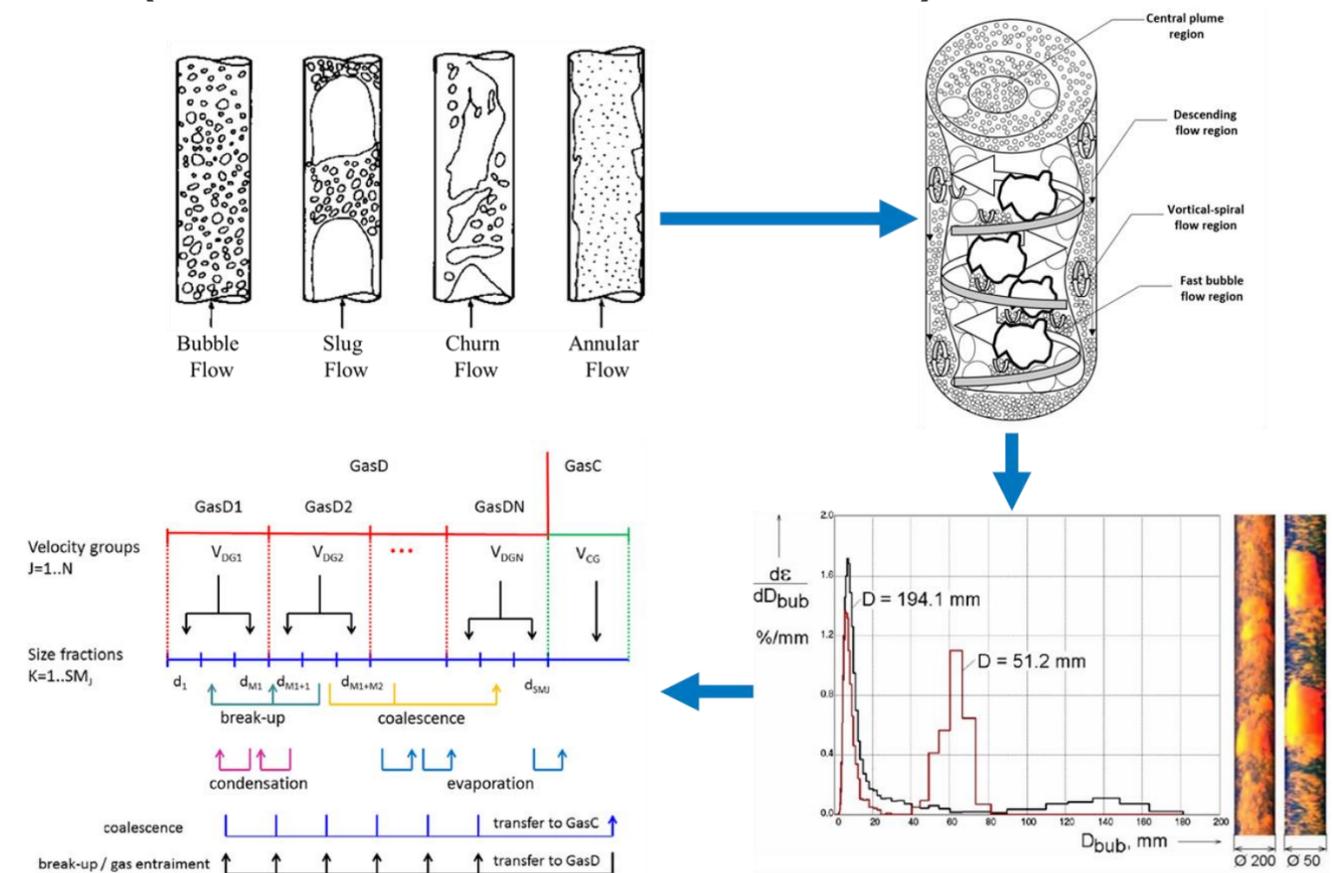
1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoints / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

过渡流动(Transitional Flows)的过渡机制

- Euler-Euler -> 通常建议用于仿真小于网格尺寸交界面长度
- 大于网格尺寸的交界面结构 -> 使用界面追踪法 (例如 VOF, level-set, 等)仿真
- 中等交界面尺度?



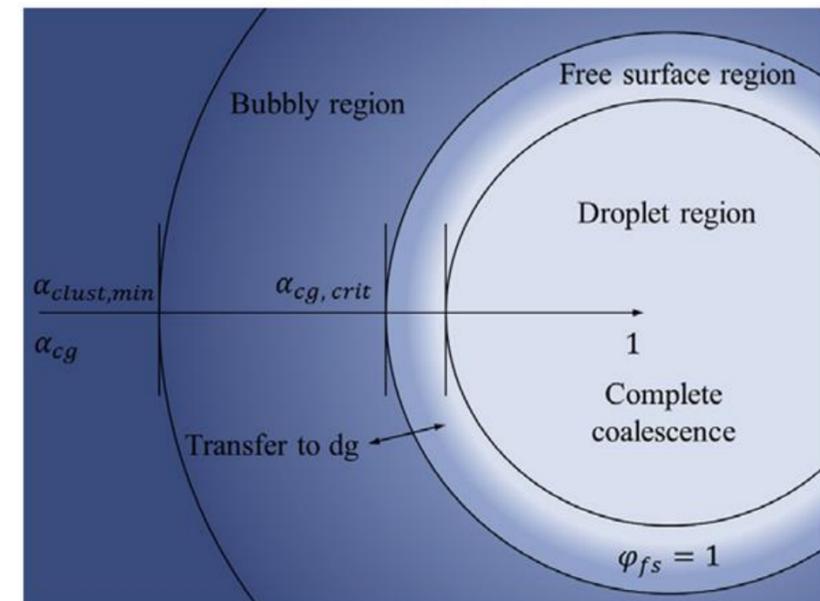
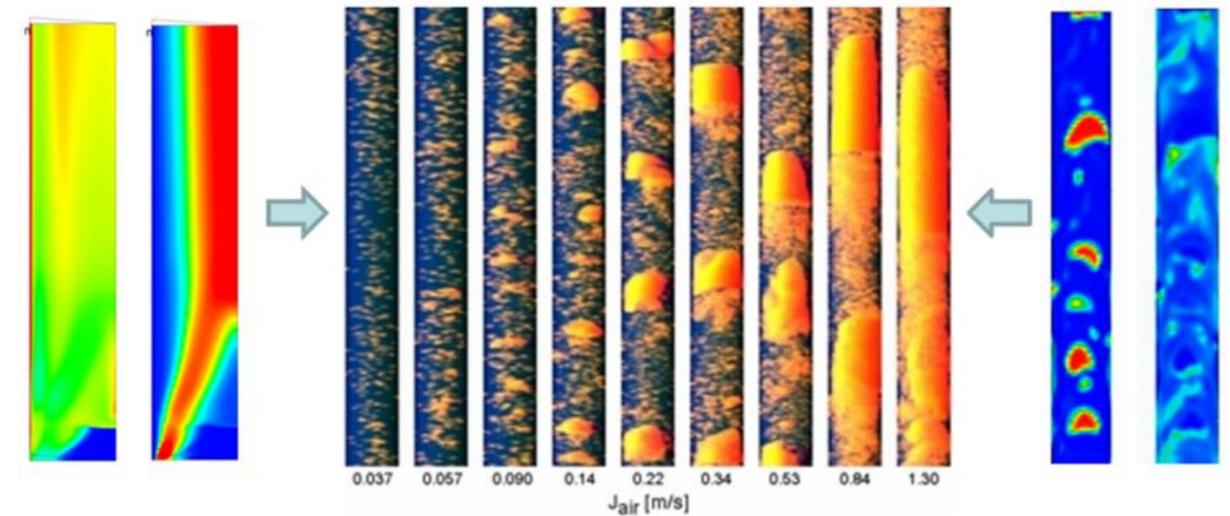
根据断层扫描数据可视化界面区域; j_w : 1m/s, j_g 从 0.004m/s从左到右增加到3.2m/s, 向上流动 (Banowski et al., 2018)



在高空隙率多相流态 (例如搅拌流churn turbulent和团状流slug flow) 中, 气泡尺寸分布和交界面尺度的演变非常重要 (Montoya, 2015)

广义两相流方法(GENeralized TwO Phase)

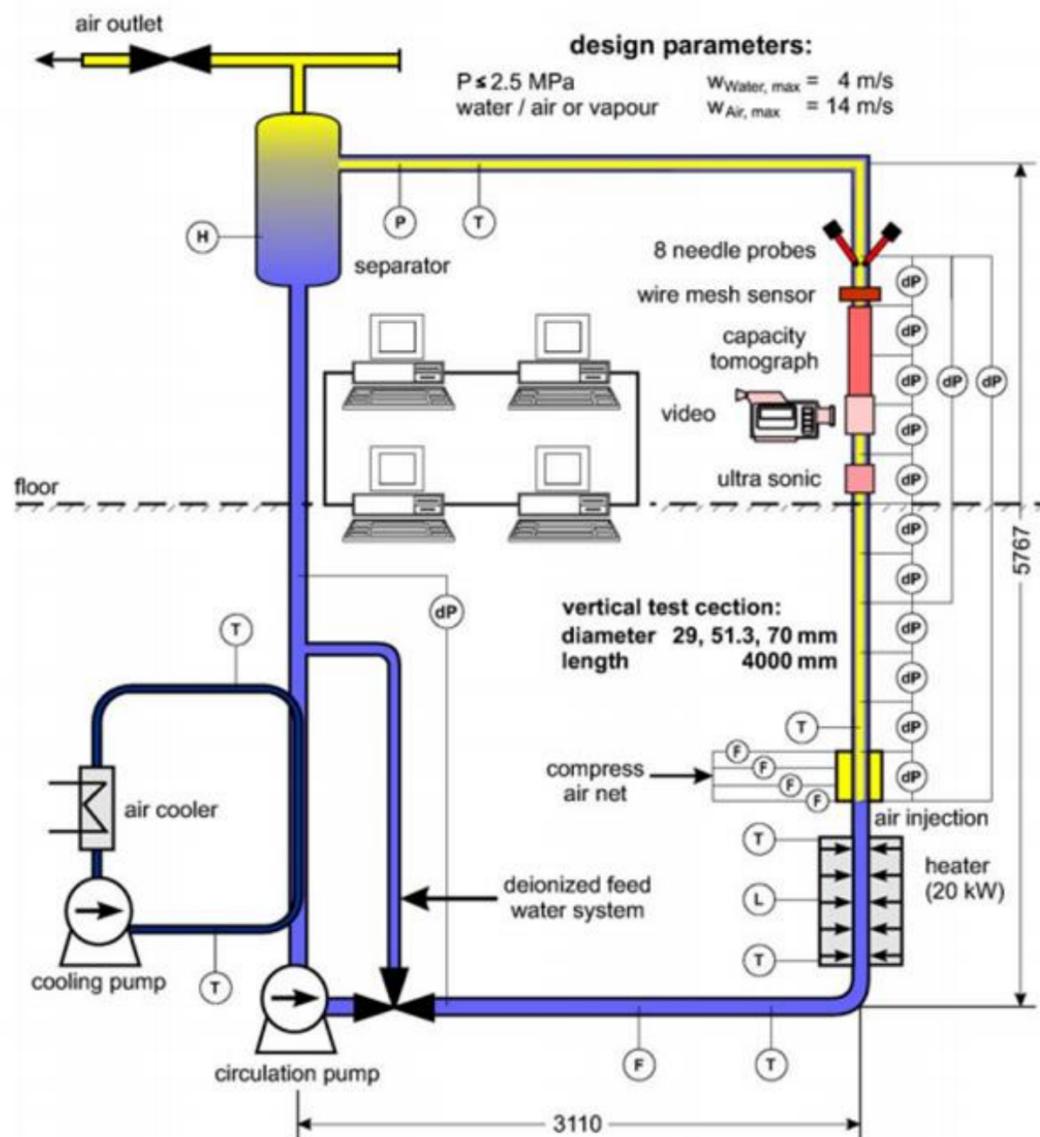
- 一旦最大速度组(bin)达到临界体积分数值, 该模型便开始运行。
- 那时, 基于主相体积分数值梯度的集群机制 (clustering mechanism) 开始起作用, 直到检测到交界面为止。
- 然后, 集群(clustering)方法融合在一起, 表面张力接管->也融合了所有交界面上的力。
- 该模型完全在Eulerian-Eulerian 框架下工作。



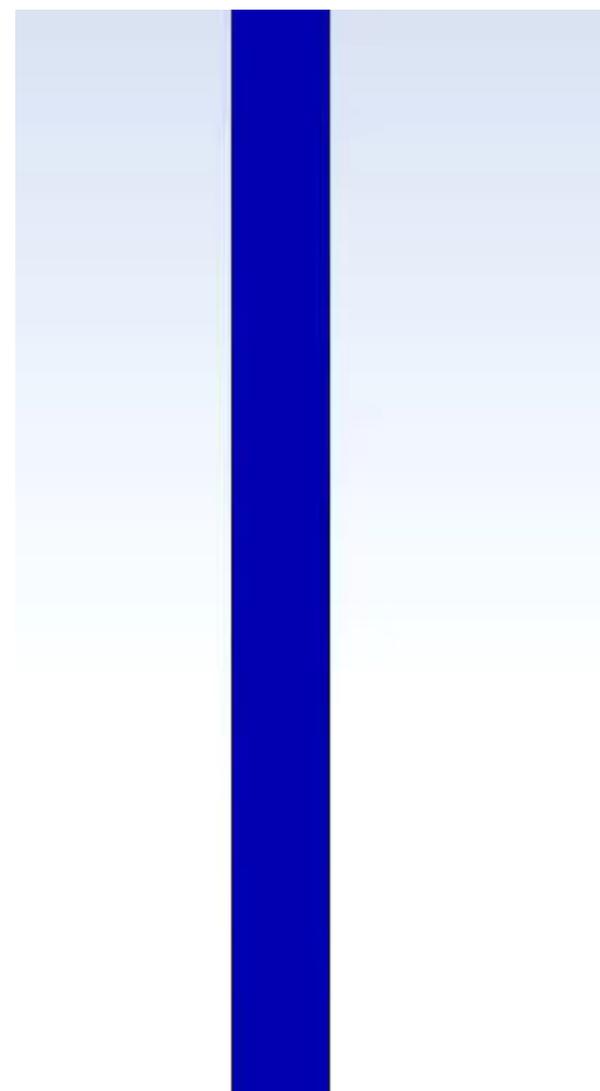
GENTOP概念的例证

(outdated过时的图像和图表-不包括表面张力添加)

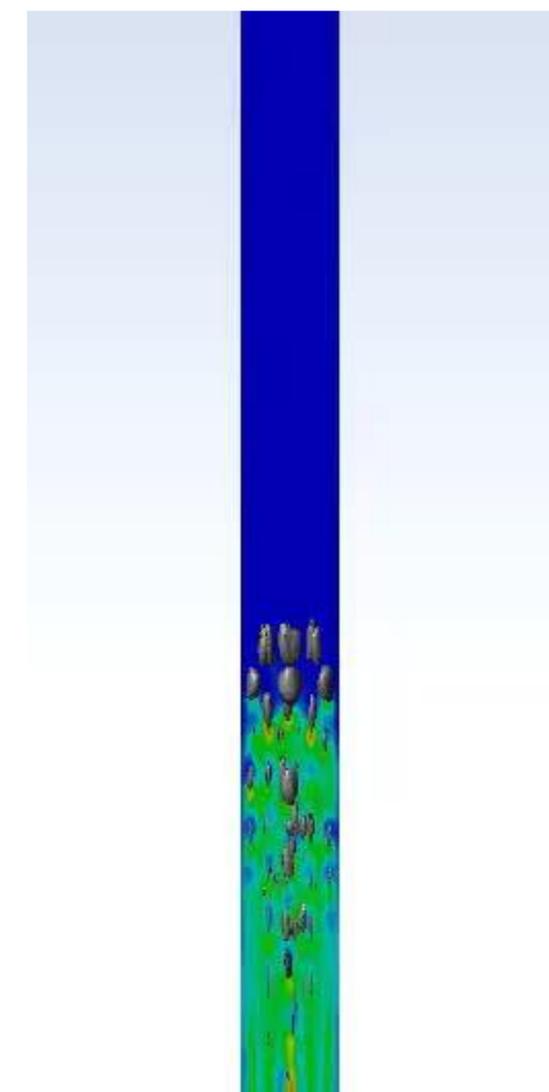
MT-循环设施 (3D - 精细网格- 516,483 个单元)



MT-循环设施示意图



GENTOP相体积分数的云图显示

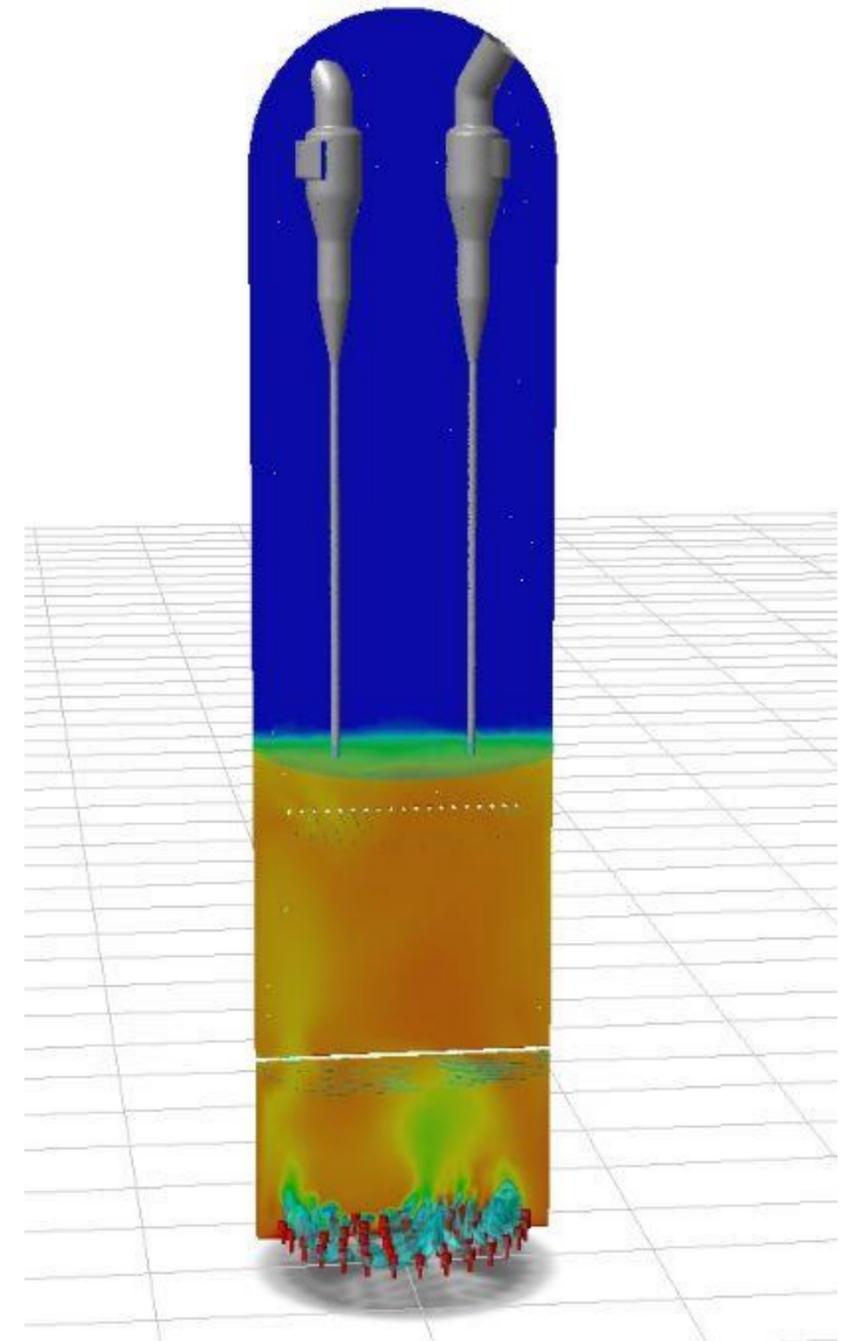


GENTOP相 (已分解的连续/混合气体) 与分散的建模相一起流动

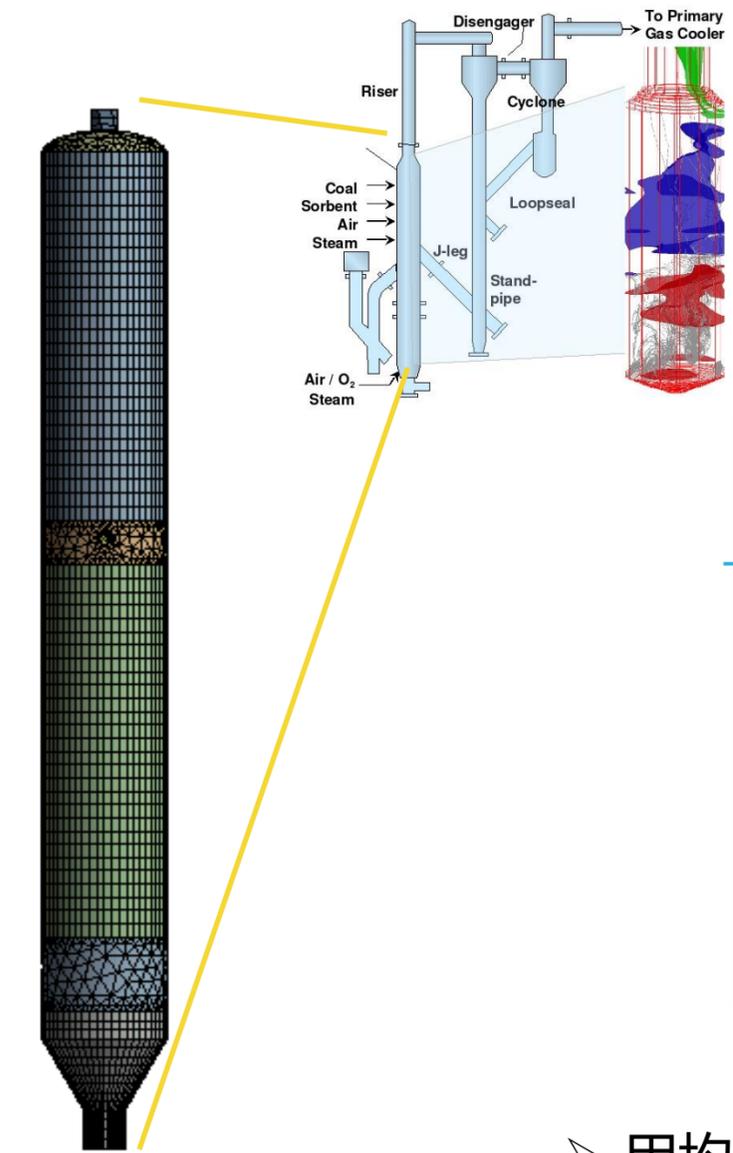
Run number	Superficial liquid velocity (m/s)	Superficial gas velocity (m/s)
118	1.017	0.219

气固两相流的异质阻力模型(Heterogeneous Drag Models)

- 对于商业规模的流化床模拟，均质阻力模型会产生非物理床膨胀
- 由于存在大量粒子，因此无法使用诸如DEM之类的粒子求解方法
- Fluent中新的**filtered**和**EMMS**异质阻力模型考虑了颗粒的子网格效应
- 在实际模拟中成功捕获床膨胀



案例研究(NETL挑战问题)

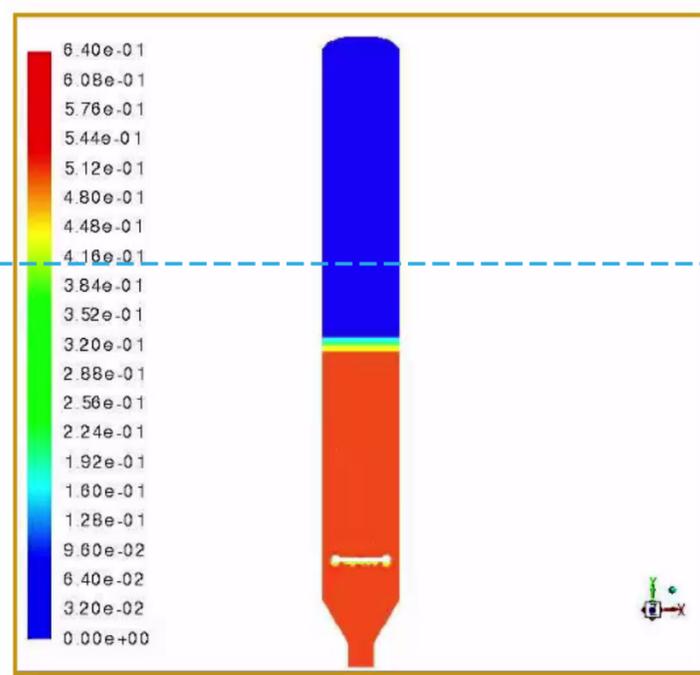
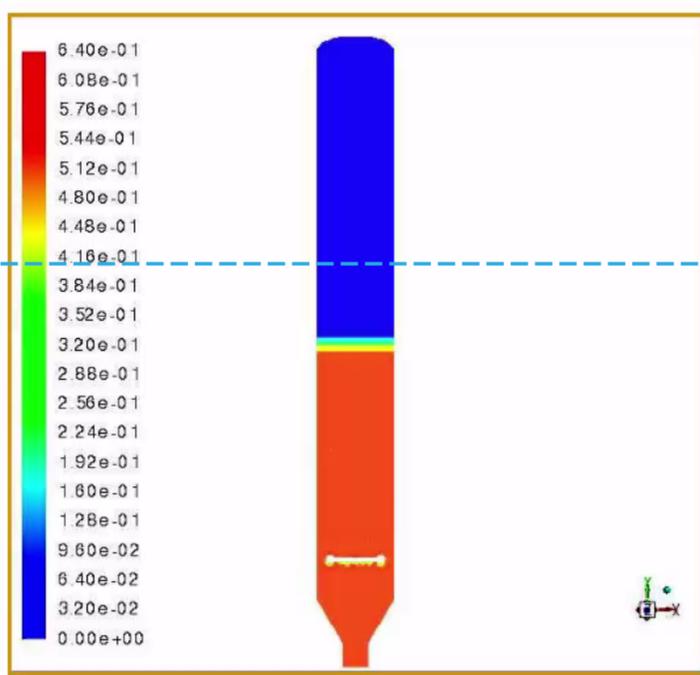
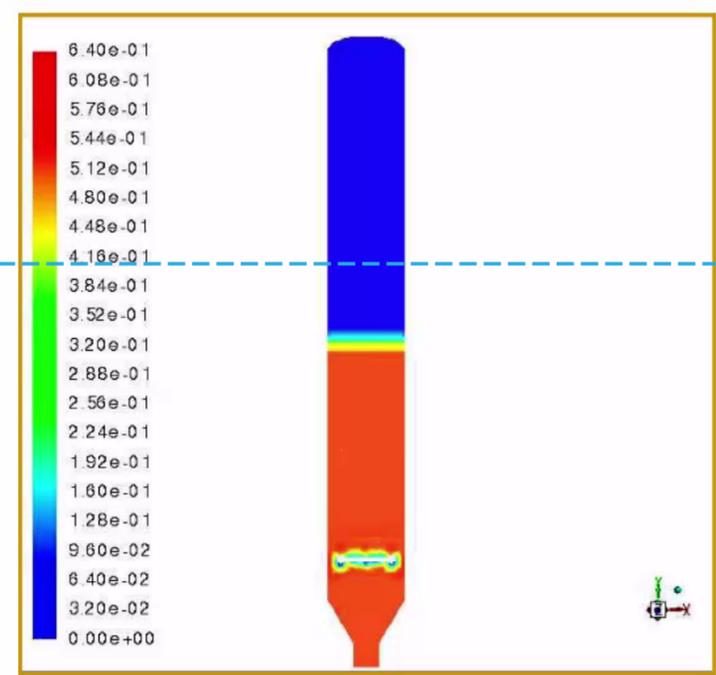


Wilsonville Coal Gasifier Simulation: Oxygen concentration superimposed on 0.90 void fraction isosurfaces, *Guenther et al., 2002, www.mfix.org*

Homogeneous drag model

Sarkar et al. filtered model¹

Lu et al. EMMS model²



固体体积分数云图

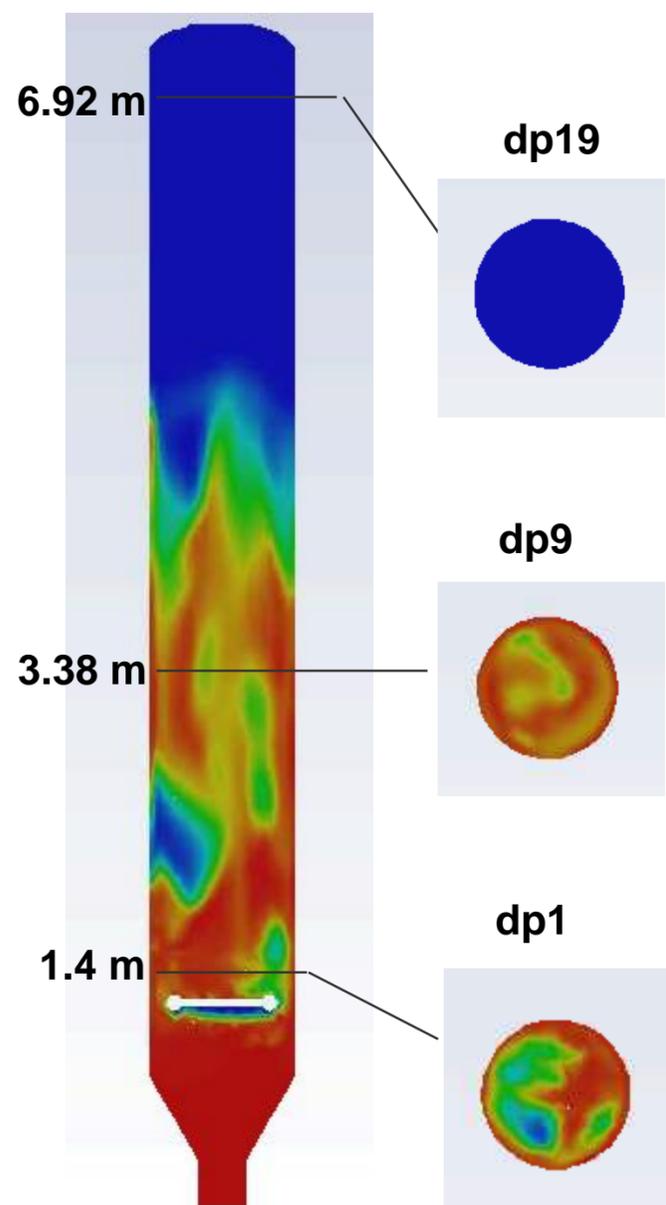
实验床膨胀

截断BFB几何上的混合网格

- 用均质模型观察到非物理床膨胀
- 异质模型可观察到与实验数据可比的床膨胀

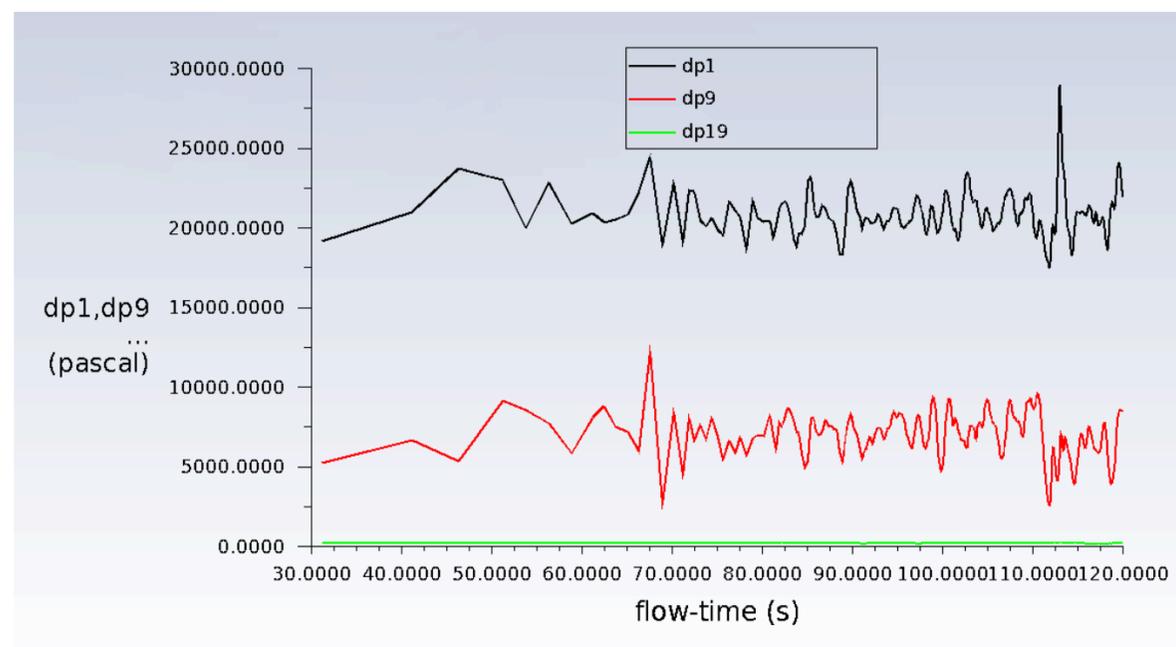
1) A. Sarkar, et al., *Chemical Engineering Science*, **152**, 443-456 (2016).
 2) B. Lu et al., *Chemical Engineering Science*, **64**, 3437-3447 (2009).

案例研究(续...)



固体体积分数

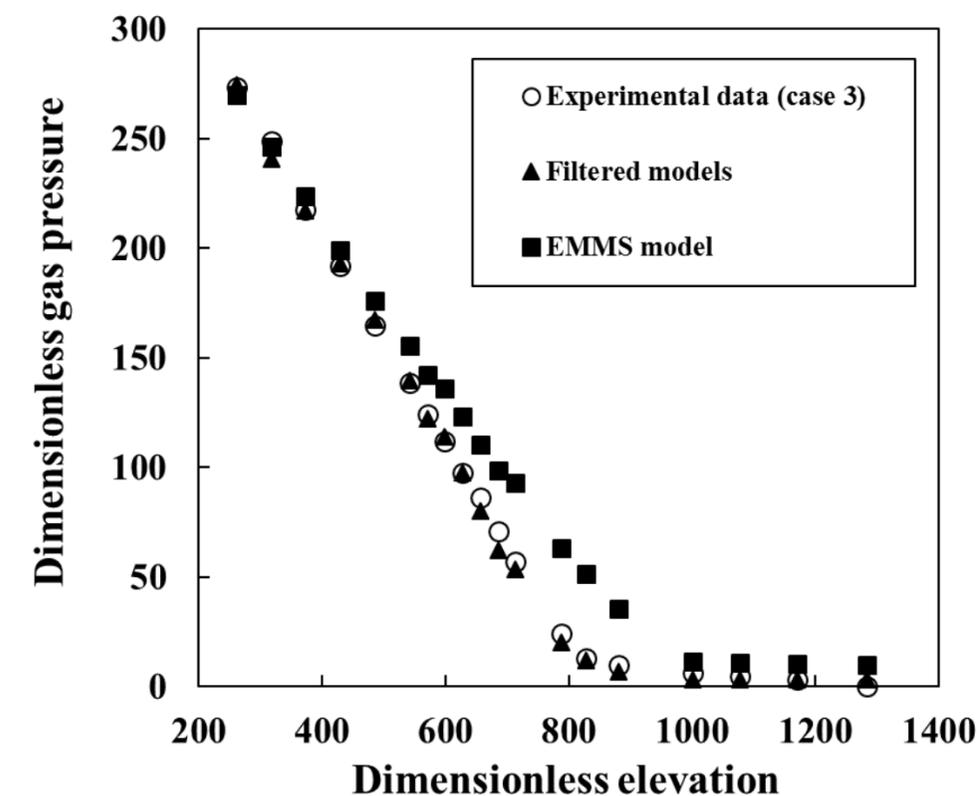
瞬时静压



使用filtered模型

- Filtered的模型与实验数据一致
- EMMS模型捕捉了趋势，但高估了床膨胀

时间平均的静压比较



2020 R2 中VOF稳健性改进

- Body-Force-Weighted压力插值中的广义变量
 - 提供更好的收敛性, 鲁棒性和适用性
 - 解决现有BFW的限制

- Hybrid NITA 改进
 - 不稳定性检测器机制的改进

- Turbulence Damping改进
 - 扩展到K-epsilon模型

改进的Body Force Weighted方案

动机:

- 与VOF一起使用时, PRESTO和Body Force Weighted都有优缺点
- PRESTO
 - 优点: 通常最准确, 无正式限制
 - 缺点: 对网格和时间步长敏感, 使用NITA求解器时不稳健
- Body Force Weighted (BFW)
 - 优点: 对网格和时间步长不敏感; 使用NITA更稳健
 - 缺点: 高粘度和旋转流动有限制, 在某些情况下收敛性较差

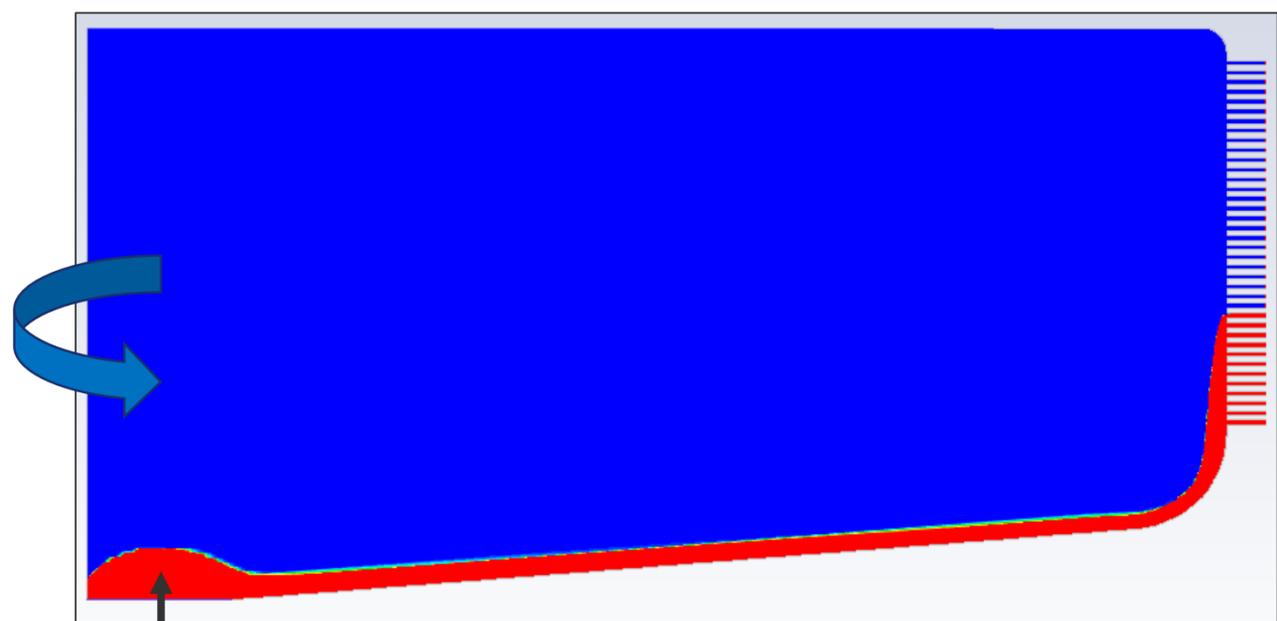
2020 R2中新功能:

- BFW方案的广义变量, 它消除了一些限制并提供了更好的鲁棒性和收敛性

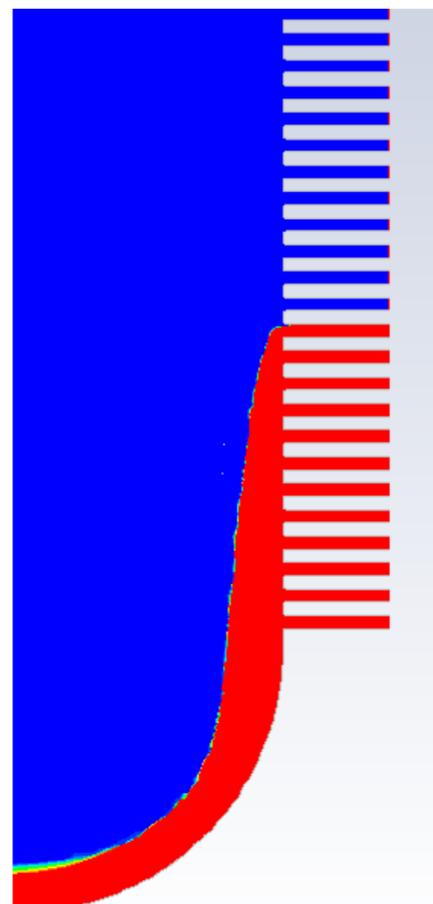
TUI: `solve/set/multiphase-numerics/advanced-stability-controls/p-v-coupling/pressure-interpolation/modified-bfw-scheme?`

熔融玻璃纤维化纺丝器中的高旋转和高粘性流

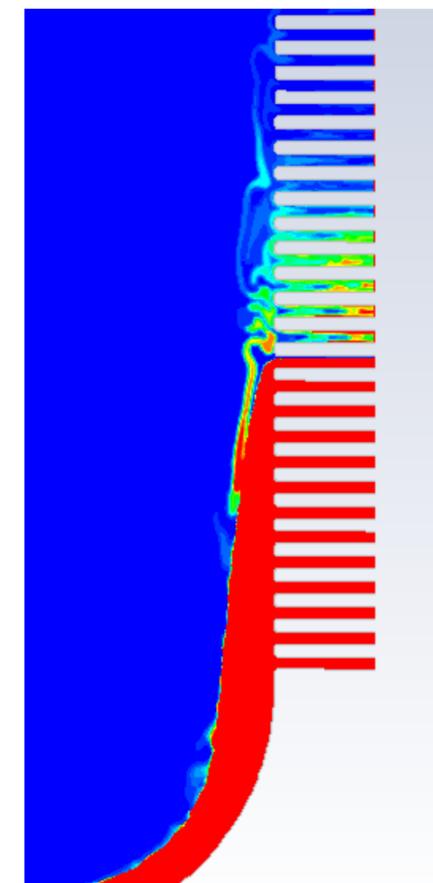
体积分数云图



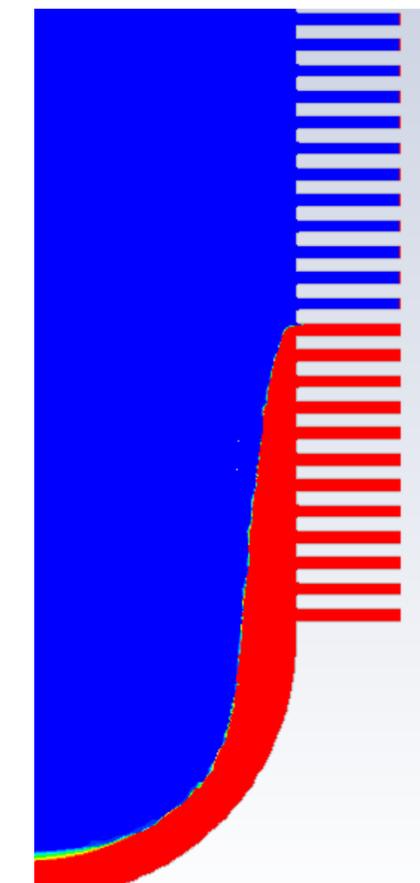
熔融玻璃纺丝机纤维化(Fiberization)



新BFW

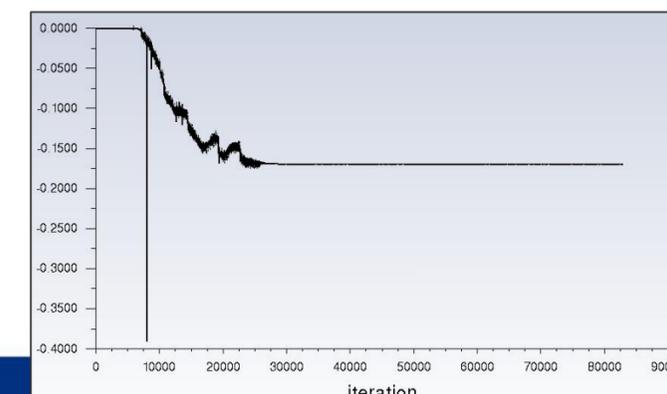
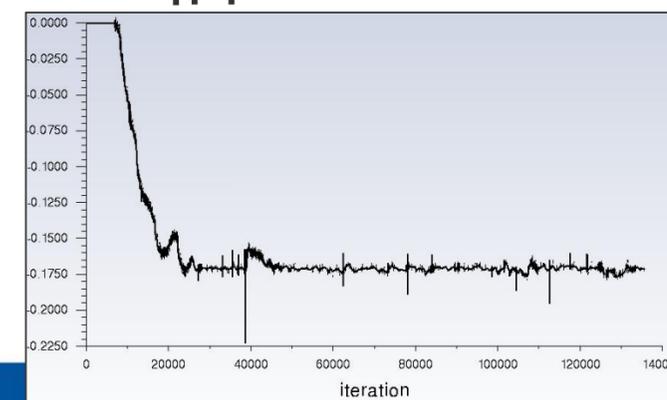
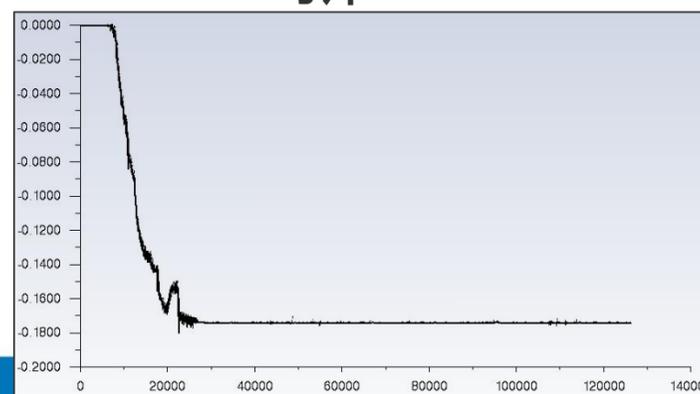


旧BFW



PRESTO

出口质量流量



Hybrid NITA 改进

■ 基于速度的不稳定性检测器(Instability Detector)

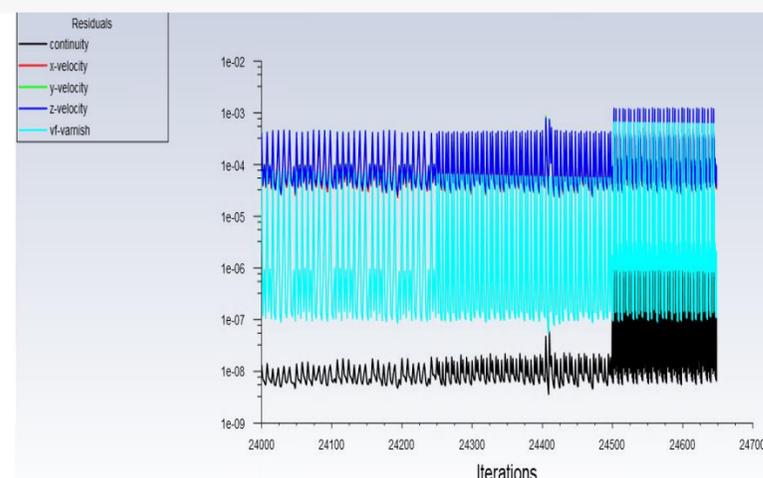
- 当在解决方案中检测到速度峰值时，可以调用它来调整外部迭代的次数。
- 与限速器和基于CFL的不稳定性检测器互补。

```

/solve/set/multiphase-numeric/advanced-stability-controls/hybrid-nita/instability-detector> ena
enable instability detector? [no] yes

/solve/set/multiphase-numeric/advanced-stability-controls/hybrid-nita/instability-detector>
enable-instability-detector?                set-velocity-limit
set-cfl-limit                               unstable-event-outer-iterations

/solve/set/multiphase-numeric/advanced-stability-controls/hybrid-nita/instability-detector> set-velocity-limit
set velocity limit for detecting instability [1000]
  
```

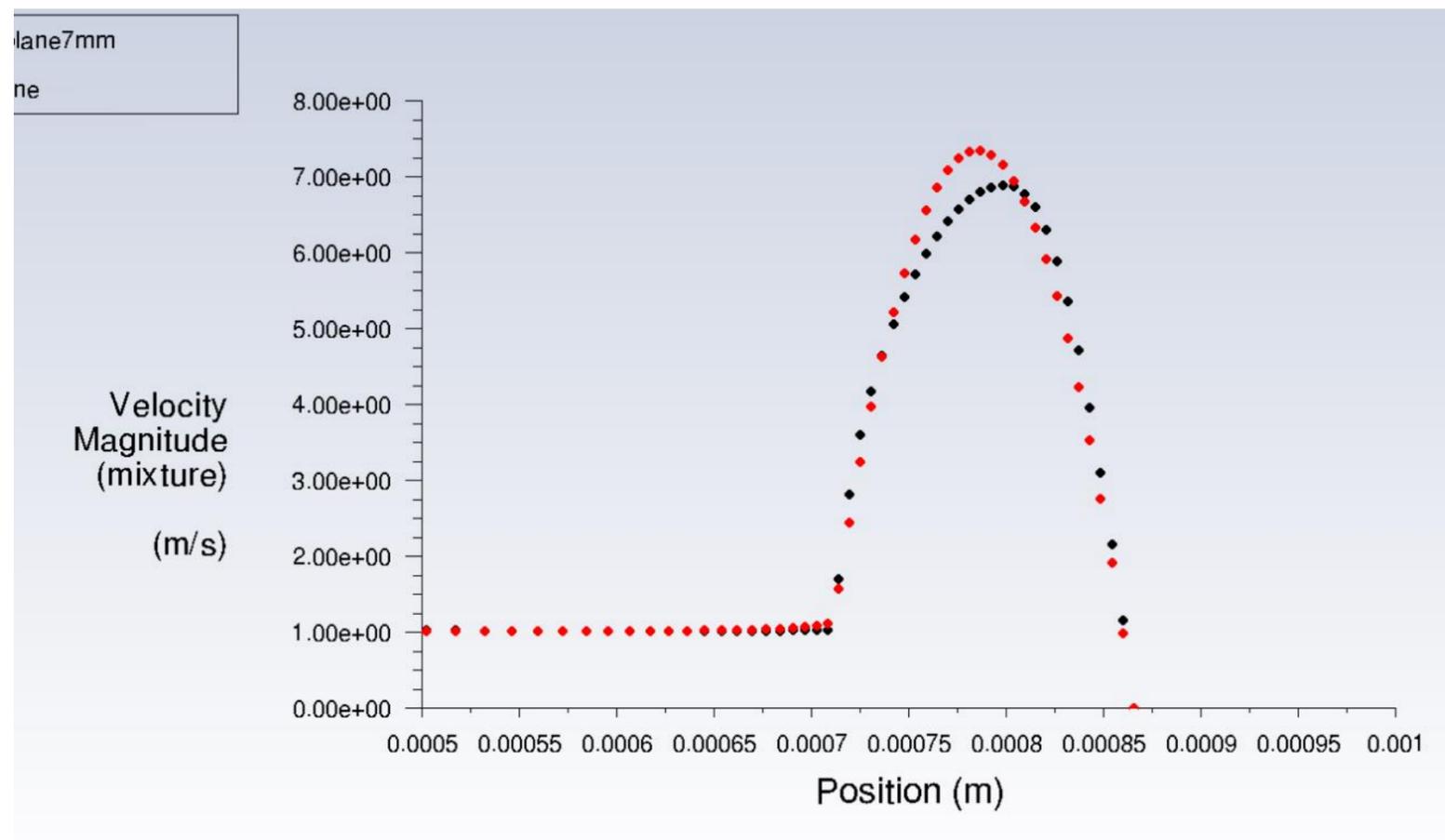


Hybrid NITA + New-BFW + Instability Detector

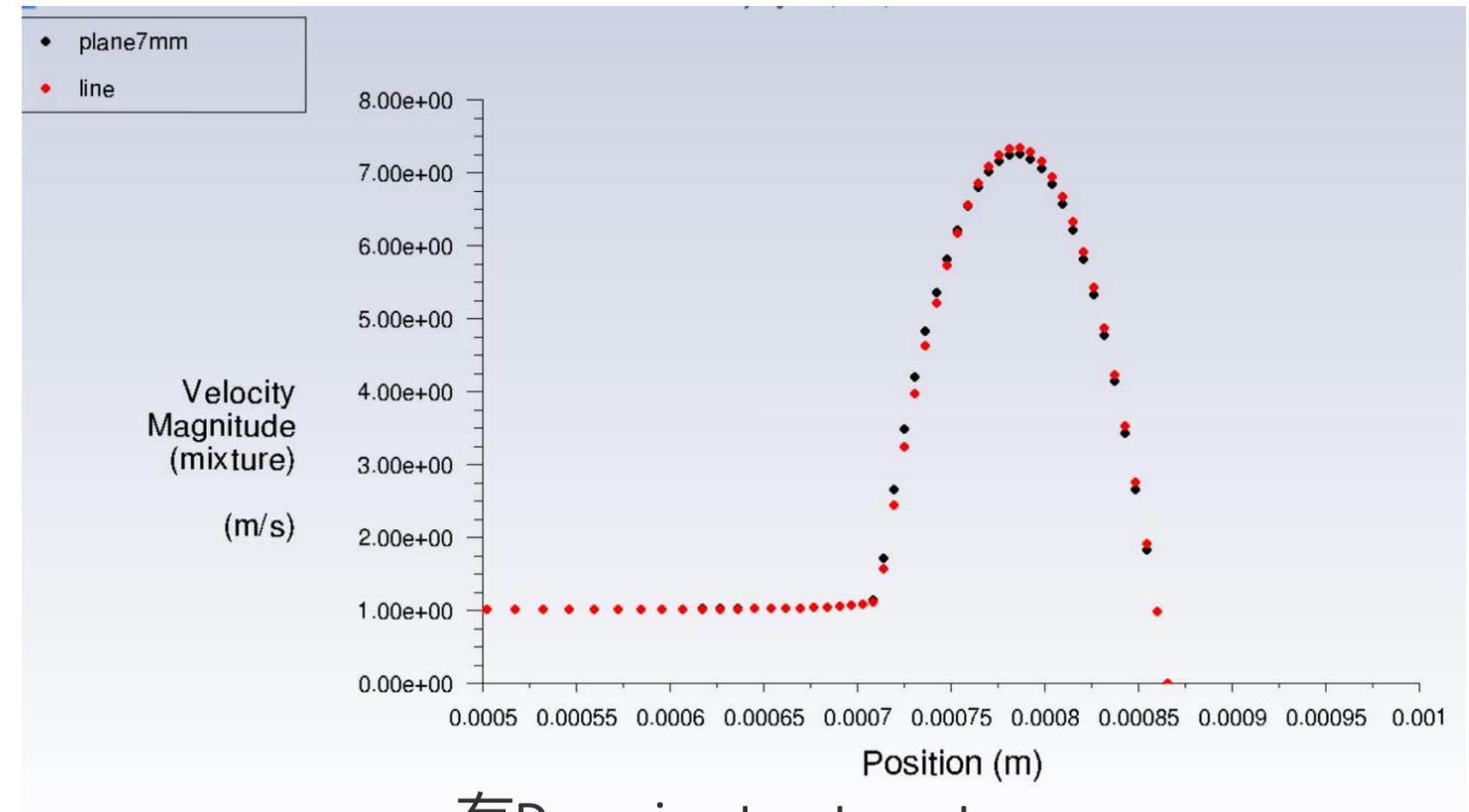
- ✓ 与ITA相比，融合效果更好，速度提高了4倍
- ✓ 这种情况在没有不稳定性检测器的情况下会发散

多相流湍流阻尼(Turbulence Damping): 扩展到k-ε模型

- 在较轻的相中更好地求解速度梯度
 - 对于捕获界面不稳定性很重要
 - 将k-omega based treatment扩展到k-epsilon模型



无Damping treatment

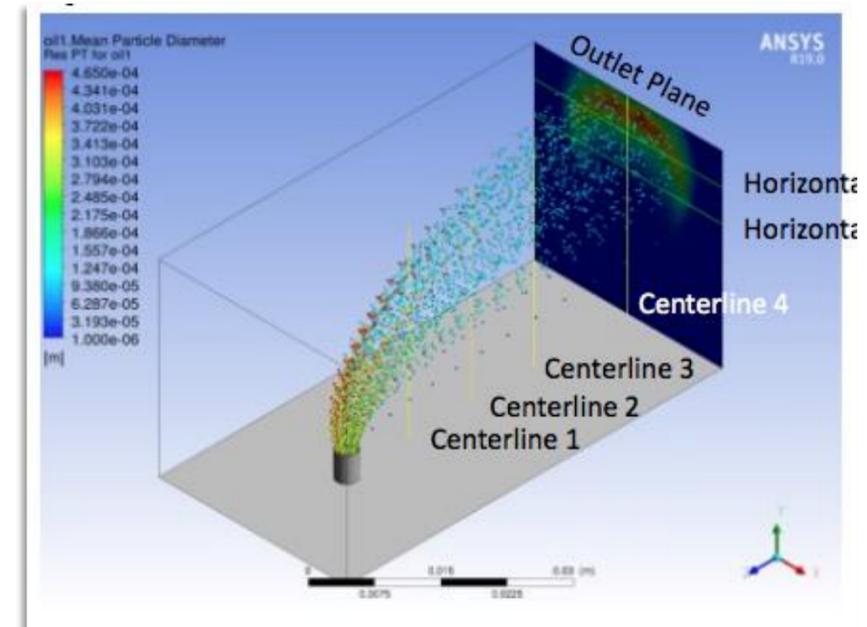
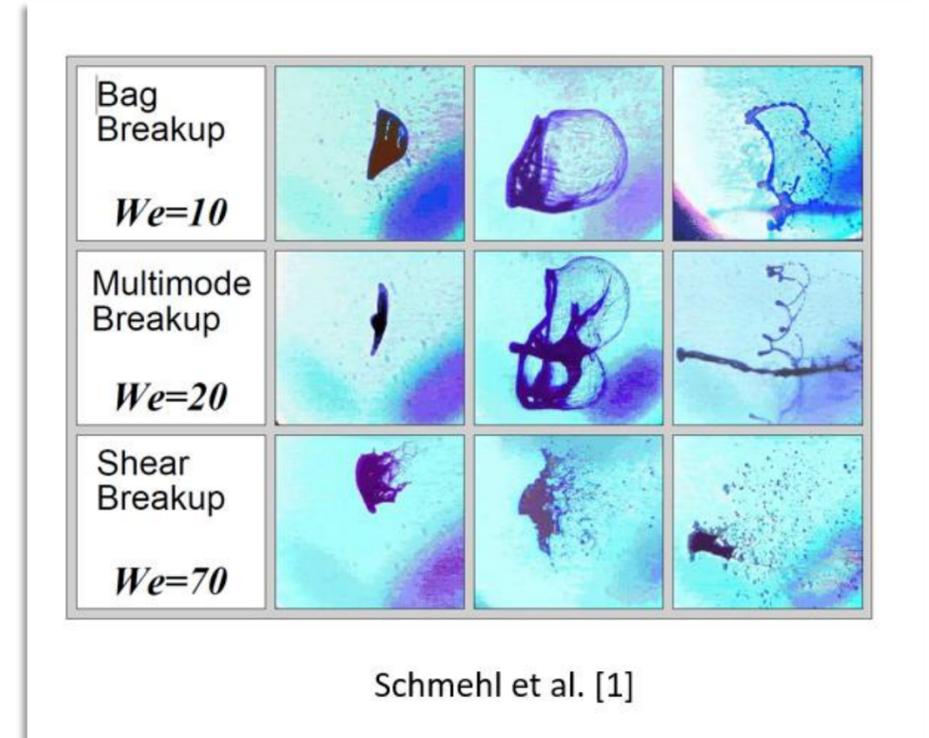


有Damping treatment

对比K-omega模型 + Damping treatment : 哪一个与解析结果更匹配

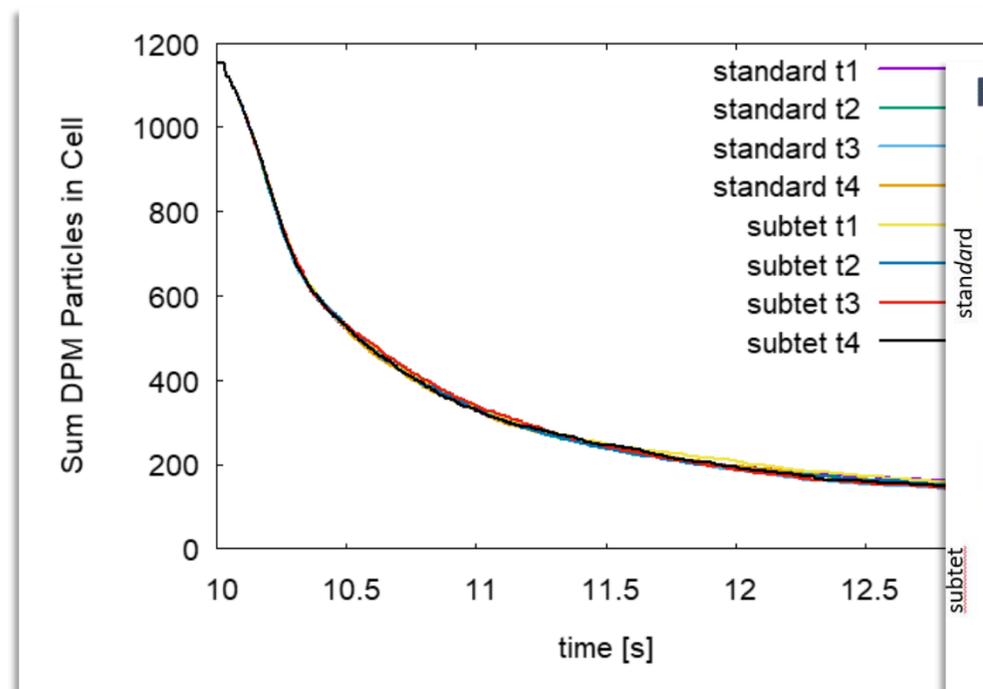
Schmehl 液滴破碎(droplet breakup)模型

- Schmehl液滴分解模型在Fluent中的实现
- CFX中可用的模型，通常用于燃气涡轮发动机燃料喷射
 - 模型的结构与Madabhushi模型相似，但可以区分更多的液滴破碎方式
 - 提供最佳实践指南和针对CFX的跨代码验证

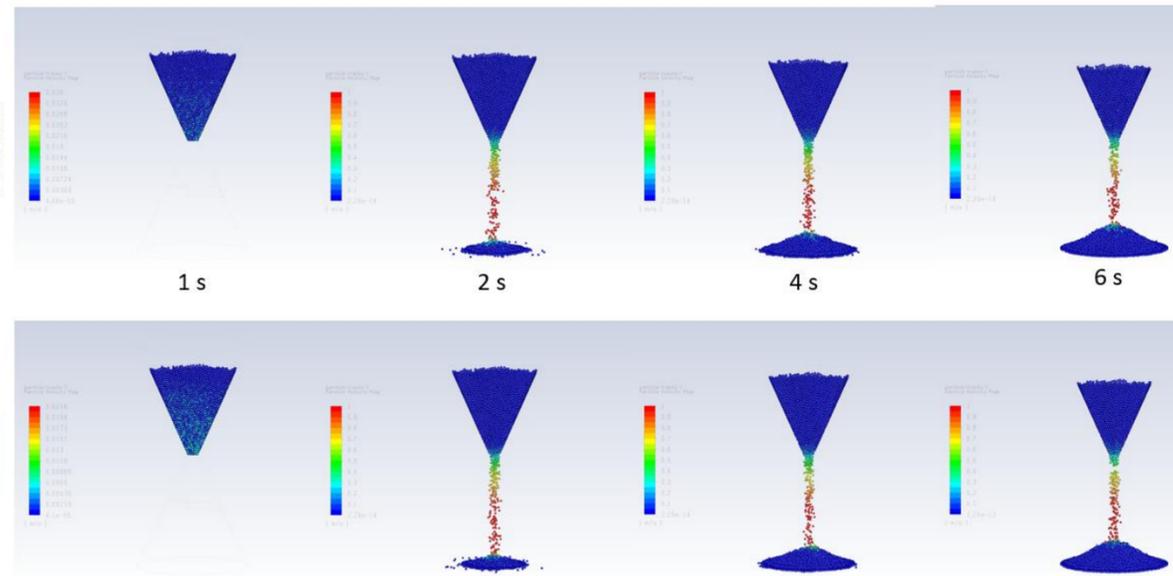


高分辨率追踪模型(High-Resolution Tracking Model)兼容性-DEM和MDM

- 如果启用了高分辨率追踪, 则现在完全支持与DEM的兼容
 - 请注意, DEM仿真的性能可能低于标准跟踪
- 现在完全支持与动网格Moving-Deforming Mesh (MDM) 的兼容性

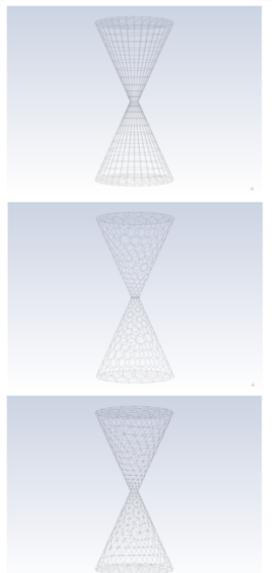


Results DEM Test Case Run: hourglass hexahedral mesh



Results DEM Test Case Run: hourglass

- Small Differences in particle trajectory
- Stalled particle flow at different times comparing standard and subtet tracking, but this is also the case comparing hex, poly and tet meshes with standard tracking and related to not activated rotation
- No particles lost or stuck in both cases standard and subtet tracking



其他增强

- 非预混或部分预混燃烧的其他DPM后处理变量
 - DPM 混合物组份源
 - DPM 混合物组份次源
 - DPM 惰性源

- Eulerian Wall Film液膜对话框重组
 - 一些设置/参数在不相关时会隐藏
 - DPM Collection更名为DPM Coupling
 - ✓ 相关设置放在DPM Interaction选项卡下
 - Phase Accretion和Phase Change合并并更名为Phase Coupling
 - ✓ 相关设置放在Phase Interaction选项卡下
 - Sharp Edge Angle条目移至Solution Options下
 - Scalar Diffusivity移至Material Options下

目录

1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoint / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

用于燃烧室和透平级的通用涡轮界面(General Turbo Interfaces)

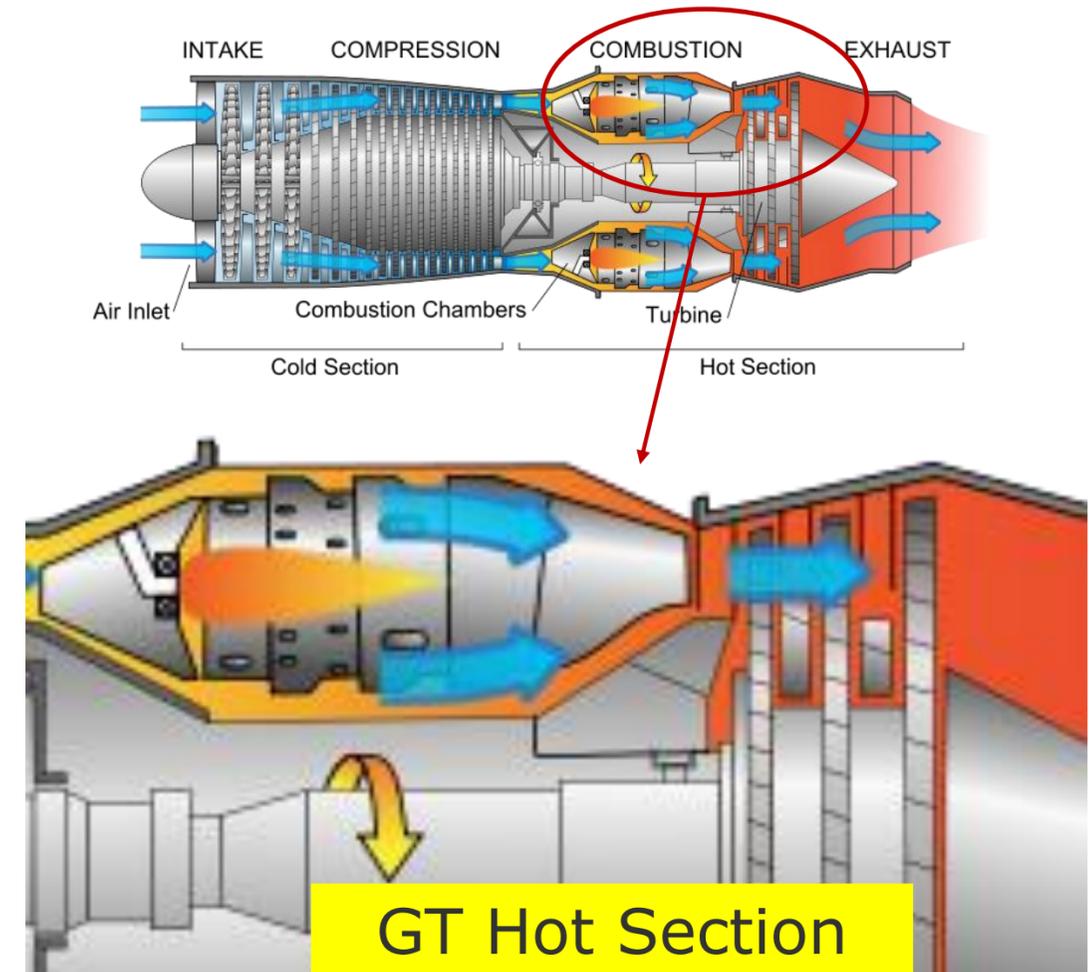
对于透平机械如燃烧室和涡轮的仿真通用涡轮界面功能增强

■ 所有组分模型(Species Models)现在都可供使用

- 所有界面类型 (Frozen Rotor, Transient Rotor-Stator, and Mixing Plane)
- 稳态&瞬态
- 以及: GTI界面也可以使用UDS

■ 使用分离式求解器(Segregated-PBNS)时Frozen Rotor和Transient Rotor-Stator可使用SIMPLEC格式

- 燃烧最佳仿真实践推荐在Segregated-PBNS时使用SIMPLEC
- 注: *Mixing Plane*界面与*Segregated-PBNS*不可共用

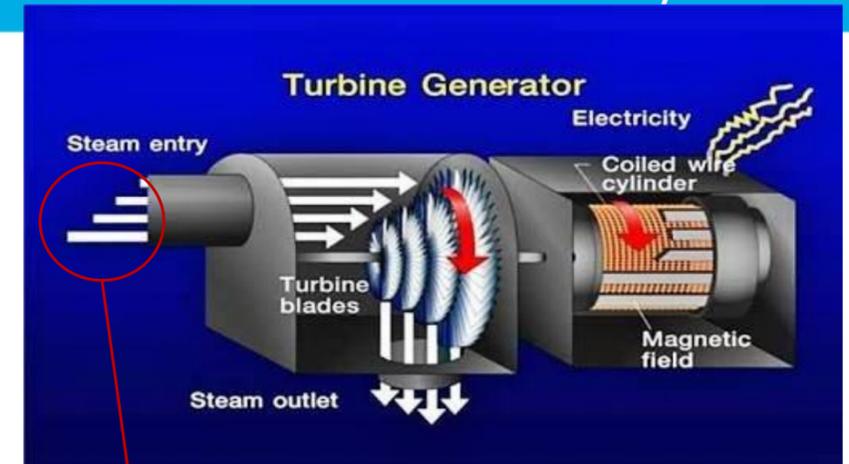


非平衡态湿蒸汽 (NWS) 建模

■ 在发电应用中非平衡态式蒸汽对于蒸汽涡轮仿真建模非常重要

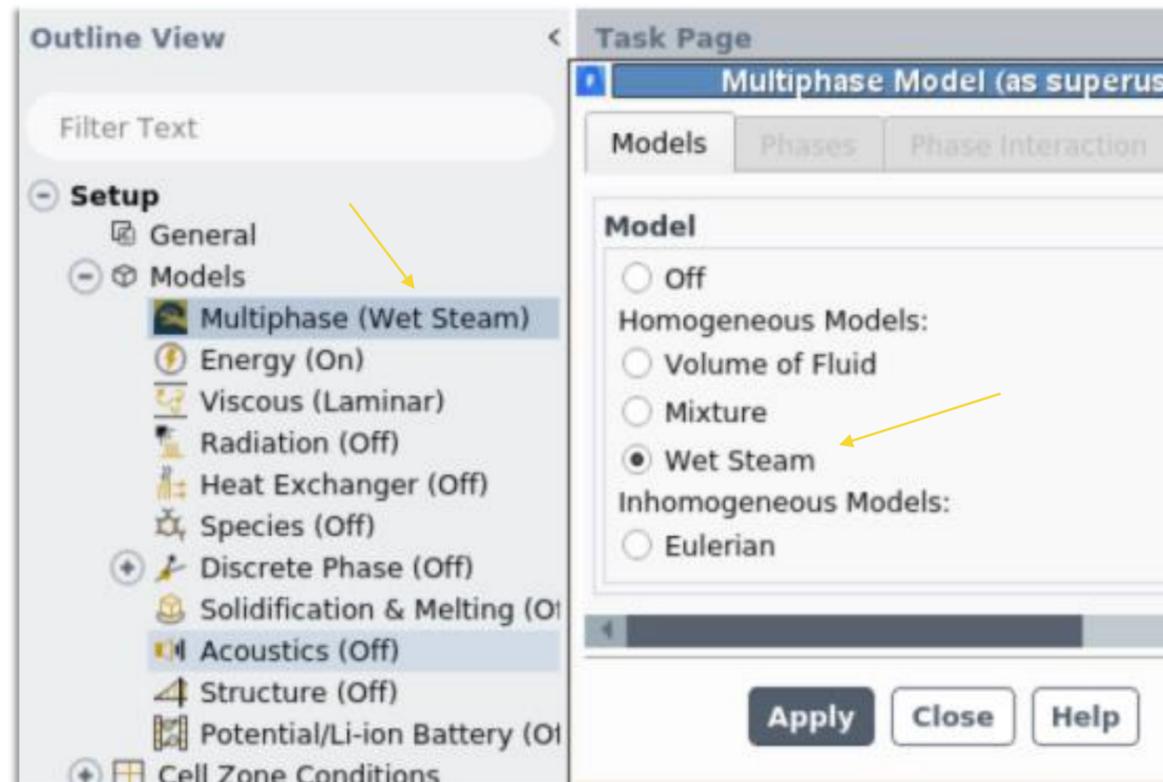
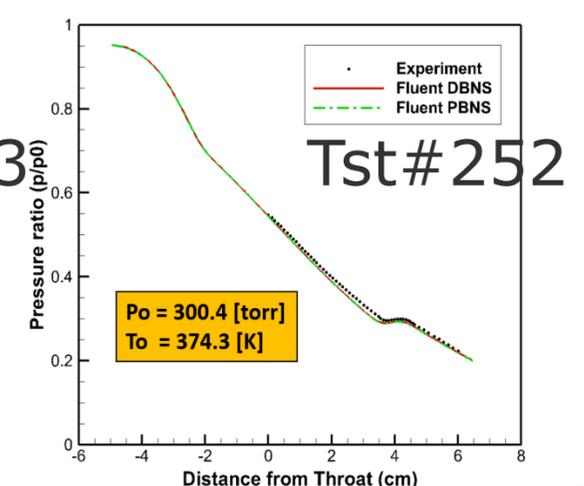
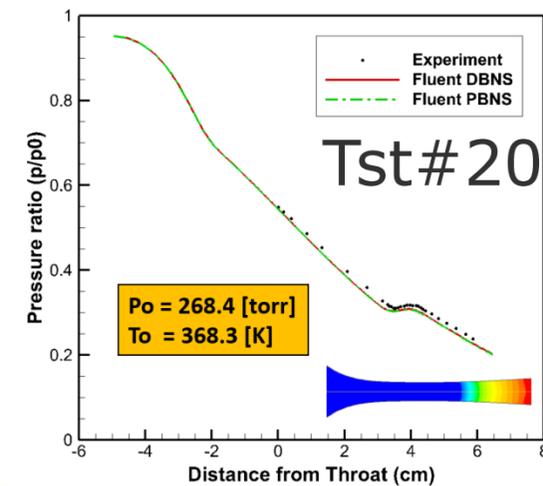
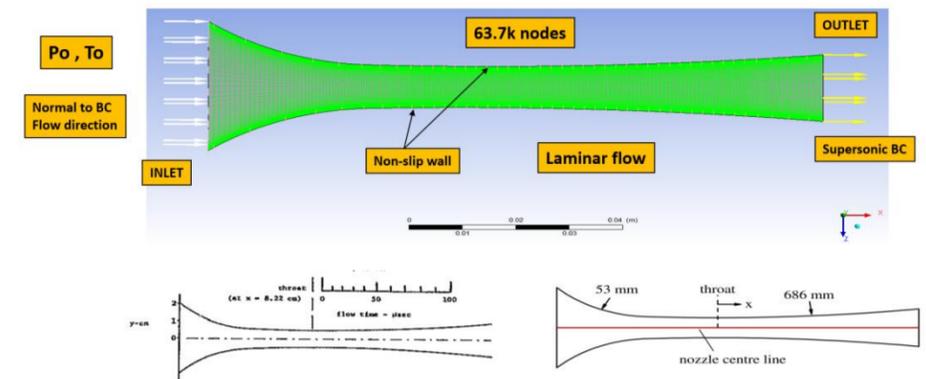
- 膨胀会使“干”蒸汽变成“湿”蒸汽
- 湿蒸汽影响蒸汽透平的性能和耐久性.

■ 过去在Fluent中NWS只能使用密度基(DBNS)求解器, 从2020R2开始也可以使用压力基 (PBNS)求解器



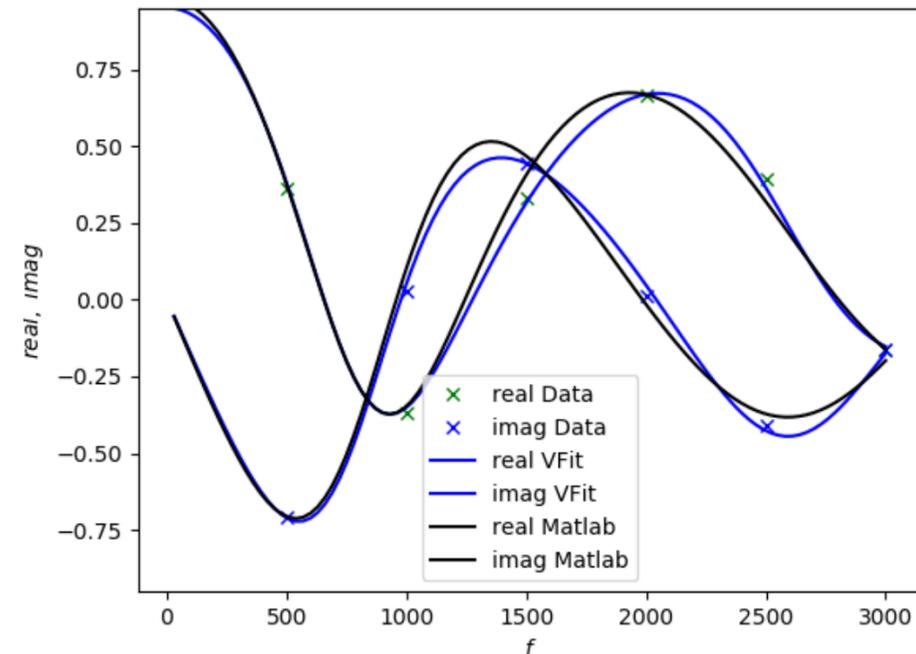
热源 (燃气、煤、核动力或者太阳能) 产生蒸汽

Moses & Stein CD Nozzle Test



阻抗(Impedance)边界输入功能

- 在Fluent中阻抗边界需要输入实级/复级 (real/complex poles) 来描述频率响应
- Fluent 2020 R2采用新的拟合功能基于测试声材料数据拟合阻抗特性
- 目前通过命令行功能(command line utility)使用:



NASA-TP-2679 测试数据拟合结果同 MATLAB对比

RMS (Root Mean Square) Deviation	
Fluent Utility	MATLAB
0.0254	0.0596

```
C:\Program Files\ANSYS Inc\v202\fluent\ntbin\win64>utility impedance -h
Usage: utility impedance [Options]
Options : [-i iterations] [-t tolerance] [-p outPRFile] [-f outFreqImpFile] inFile nR nC

-i iterations      : number of iterations, default 20
-t tolerance       : convergence tolerance, default 1e-6
-p outPRFile:      : pole/residue mapping to Fluent, if it is not specified, written to standard output
-f outFreqImpFile: fitted impedance data file, frequency real imag. if it is not specified, it is not written

inFile             : input impedance data file in monitor format, frequency real imag
nR                 : number of real poles
nC                 : number of complex conjugate poles pairs
```

辐射 / 传热

■ 蒙特卡洛模型功能增强

- 可以在内部不透明墙(Opaque wall)上定义边界源
- 对蒙特卡洛模型的后处理新增更多壁面通量 (Wall Fluxes) 变量
 - ✓ 表面入射辐射 (Surface Incident Radiation)
 - ✓ 吸收照射通量 (Absorbed Irradiation Flux)
 - ✓ 反射辐射通量 (Reflected Radiation Flux)
 - ✓ 投射辐射通量 (Transmitted Radiation Flux)
 - ✓ 光束照射通量 (Beam Irradiation Flux)

■ 可将S2S文件输出为基于CFF的 .h5格式文件

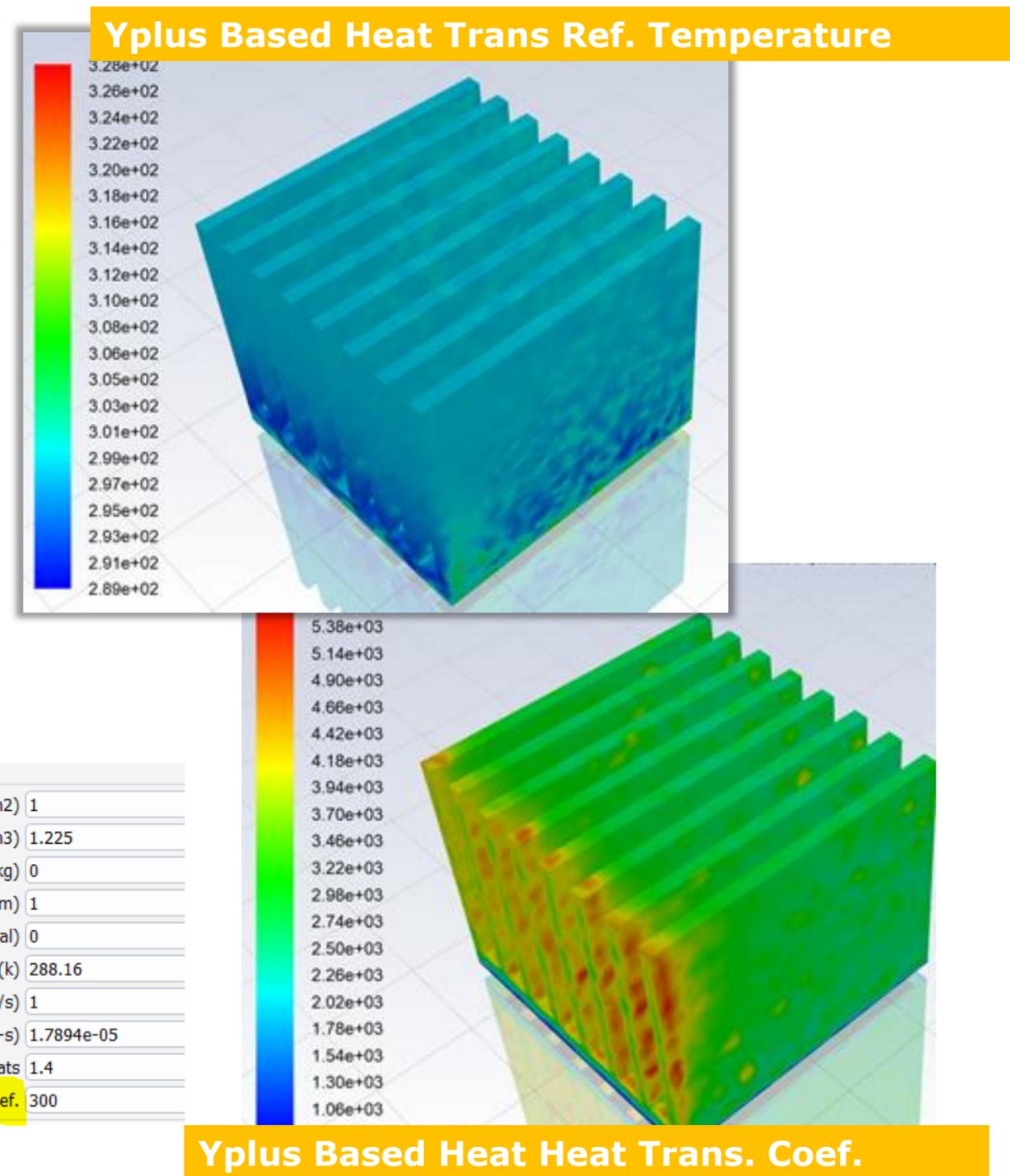
- 比过去的.gz格式更快

■ 对话框的小范围调整

- 在设置灰体模型(gray model)的边界条件时, 内向辐射率(Internal Emissivity)由 **Thermal** 栏移至**Radiation**栏。

基于定义Y+的传热系数

- 换热系数(HTC)通常是基于近壁处网格单元计算的
 - 由于边界层网格的不同会有不同的值
 - 在用于其他模型/仿真时带来困难
- 新增数值解变量使用特定y+值的温度计算出换热系数.
 - 减弱了对近壁层网格尺寸的敏感度
- 新的后处理量
 - **Yplus Based Heat Trans. Coef.**
 - **Yplus Based Heat Trans Ref. Temperature**
- 所需的y+在参考值(Reference Values)处输入
 - 默认值: 300

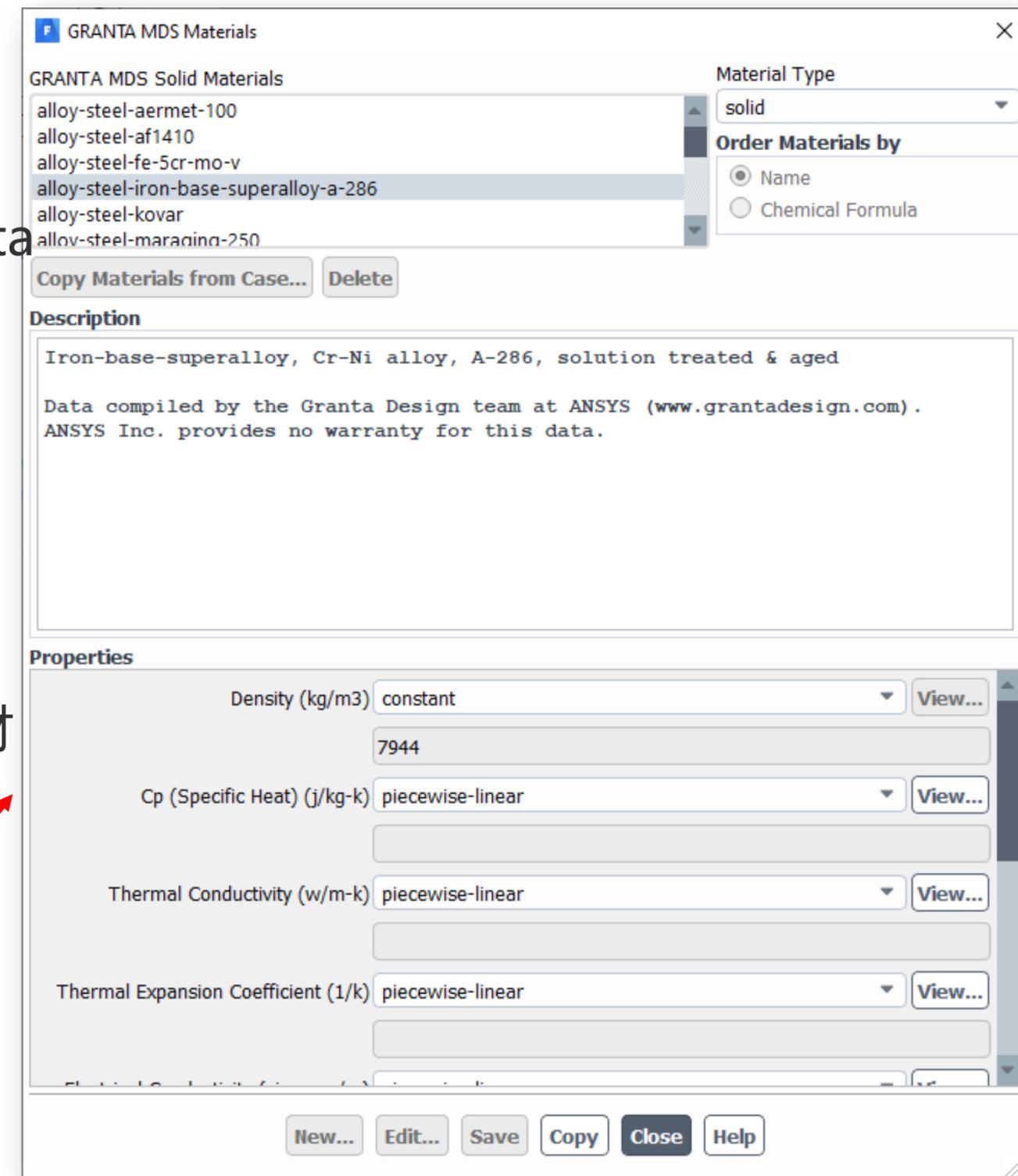
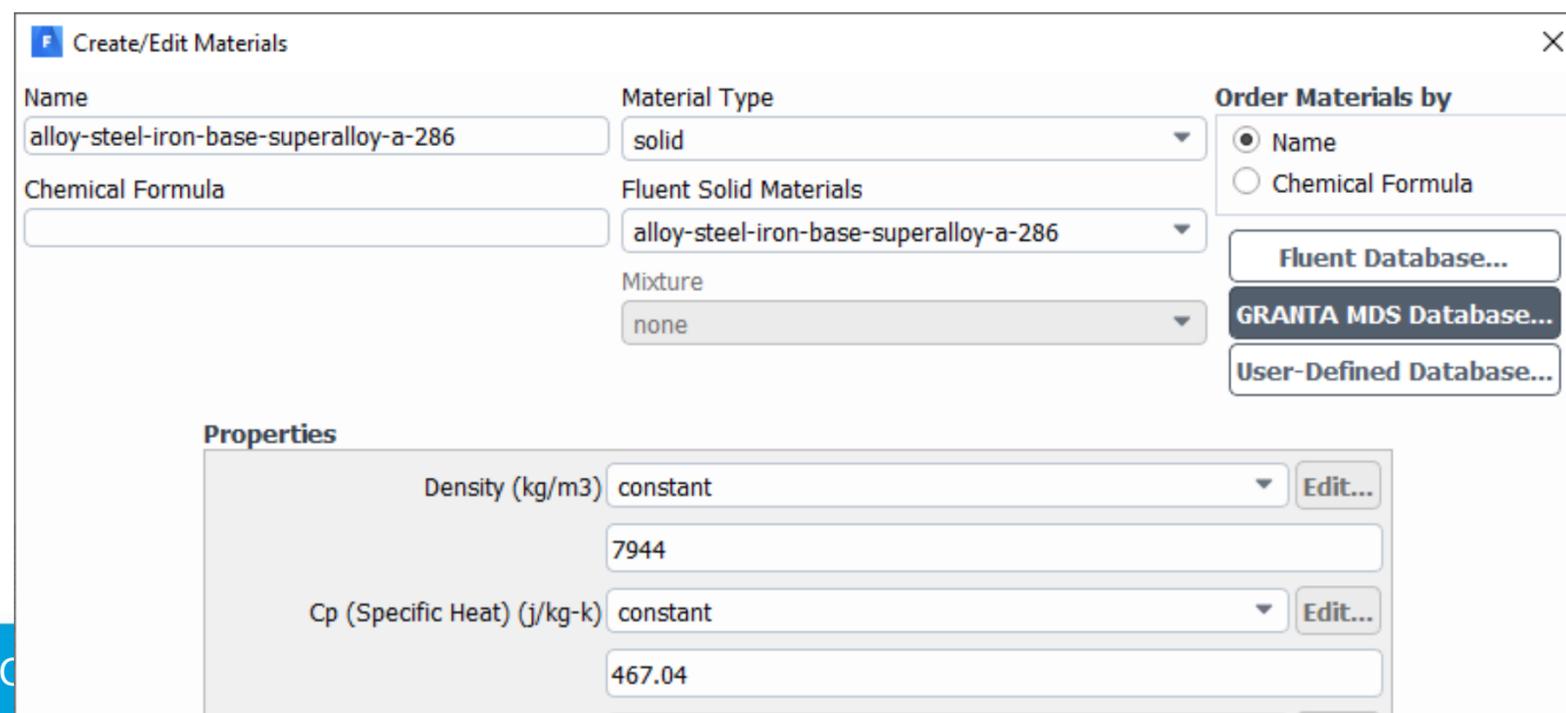


固有(Intrinsic)流/固交互作用(FSI)

- 现在可支持节点不连续 (Non-conformal) 交界面
- 允许更多的网格优化用于流动/结构数值计算

GRANTA材料数据可用于Fluent仿真

- 通过Granta MDS license, 在Fluent中可以访问Ansys Granta丰富的材料数据
 - 超过700种可靠的固体材料
 - 直接、点击接入
 - 使Ansys多物理场仿真具有一致性
- 广泛的材料分类
 - 金属 (黑色金属和非黑色金属)
 - 陶瓷、复合材料、泡沫、玻璃、蜂窝、磁铁、聚合物、木材



目录

1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoint / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

HPC: 滑移网格计算速度提升

■ 壁面距离(Wall distance)计算加速

■ 测试案例:

● 电机VOF

✓ 23.76M 原生多面体单元

✓ 时间步长: 0.5 deg (9.8E-6 s)

✓ 电机转速: 8500 RPM

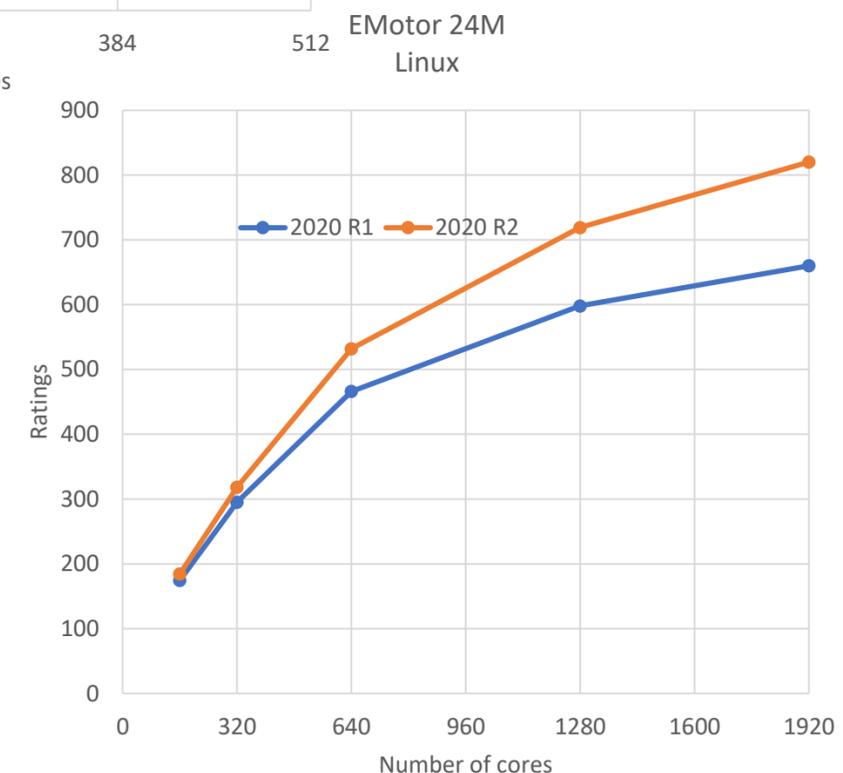
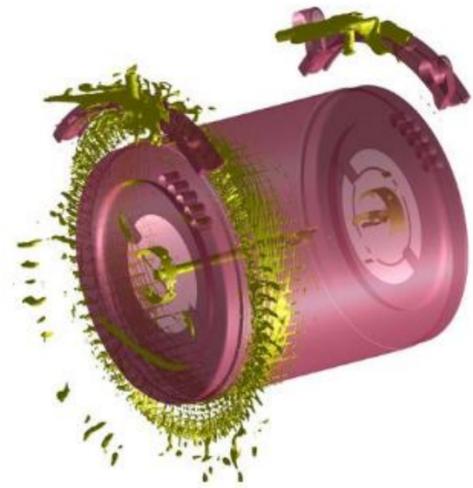
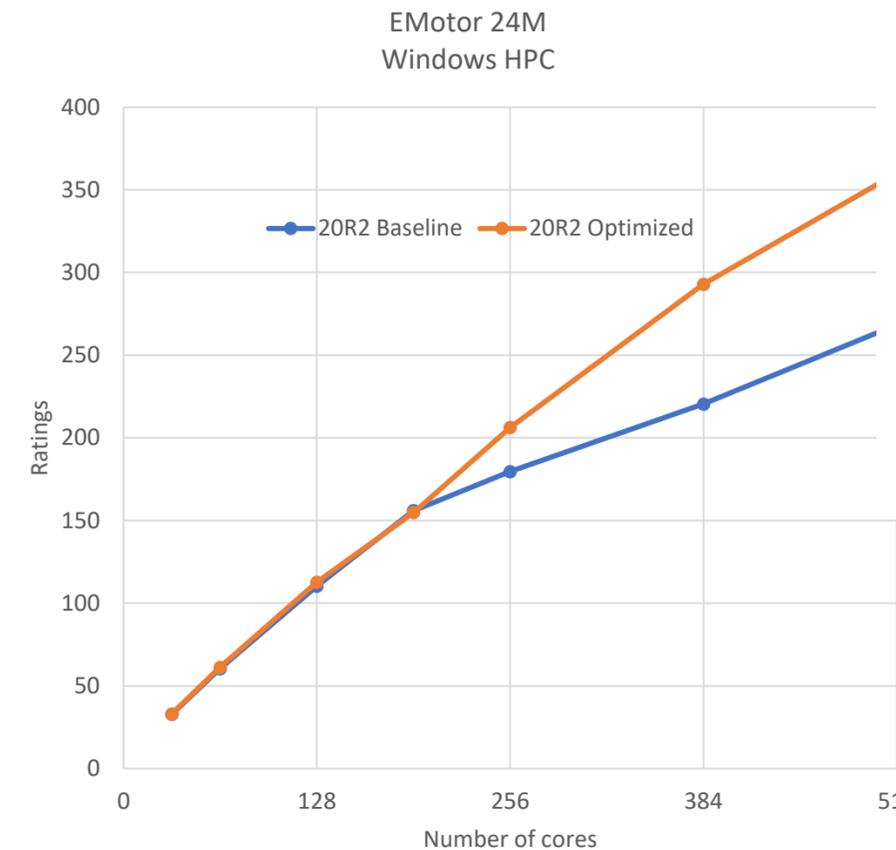
✓ 物理设定: Implicit VOF/Energy/Sliding Mesh/k-e RANS/ ITA solver

● 性能提升

✓ 相对于2020R1明显提升

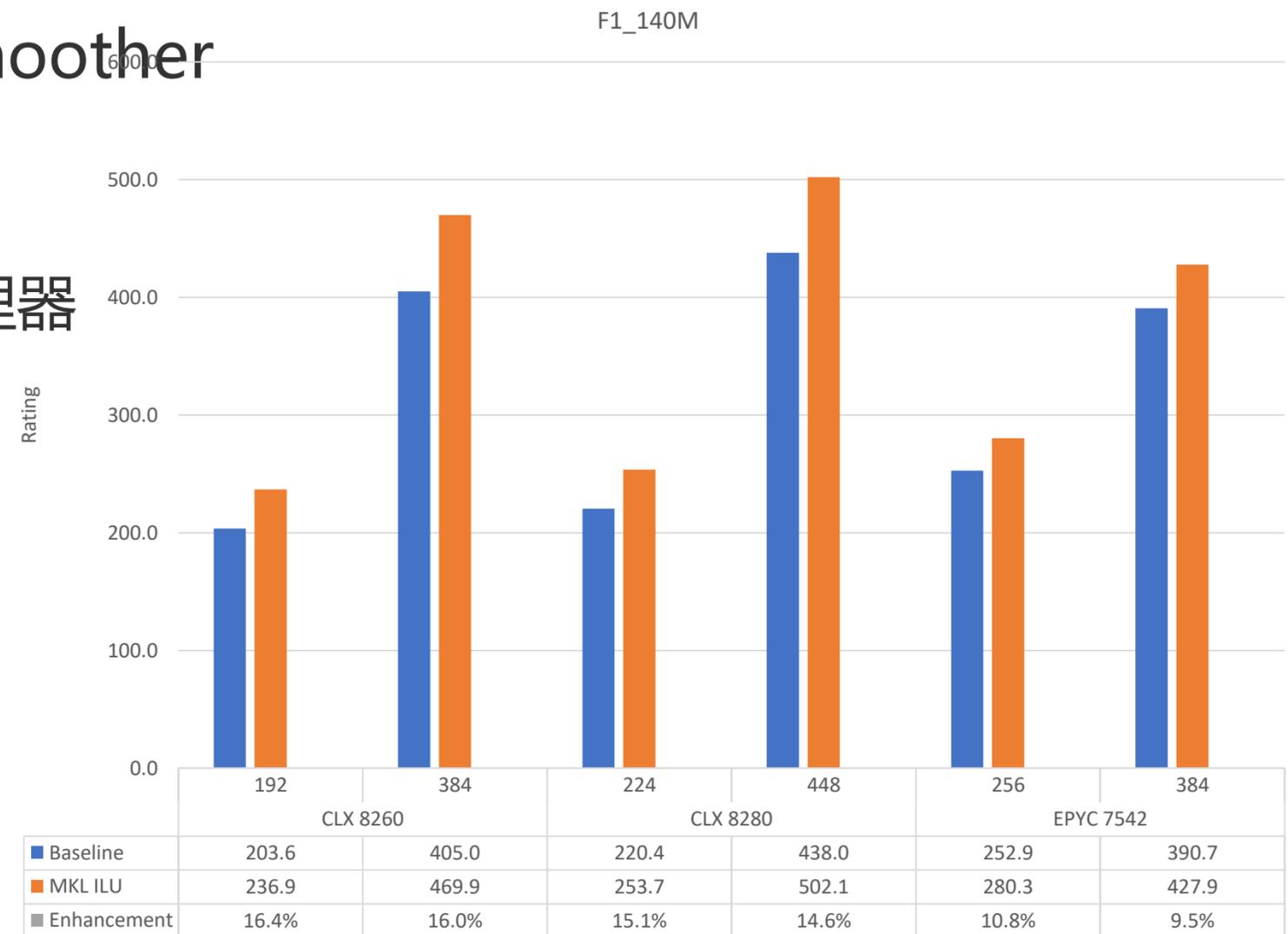
✓ 34% @ 512 cores, Windows HPC

✓ 25% @1920 cores, CRAY Linux systems



HPC: 耦合求解器性能提升

- 针对采用耦合求解器的外气动算例，ILU Smoother带来~40% 时间加速
- 通过与Intel的合作为Fluent增加MKL的ILU Smoother
- 对F1_140M算例
 - ~15% 性能提升，使用Cascade Lake Intel处理器
 - ~10% 性能提升，使用EPYC AMD处理器
- 使用 `-platform=intel option` (仅Linux)



数值算法 (Numerics)

■ 压力基求解器的校正形式(Correction-form)选项

● 提升求解稳健性

- ✓ 更多仿真可以通过单精度实施 (避免累积误差)
- ✓ 可以避免机器零带来的残差震荡接近机器零位

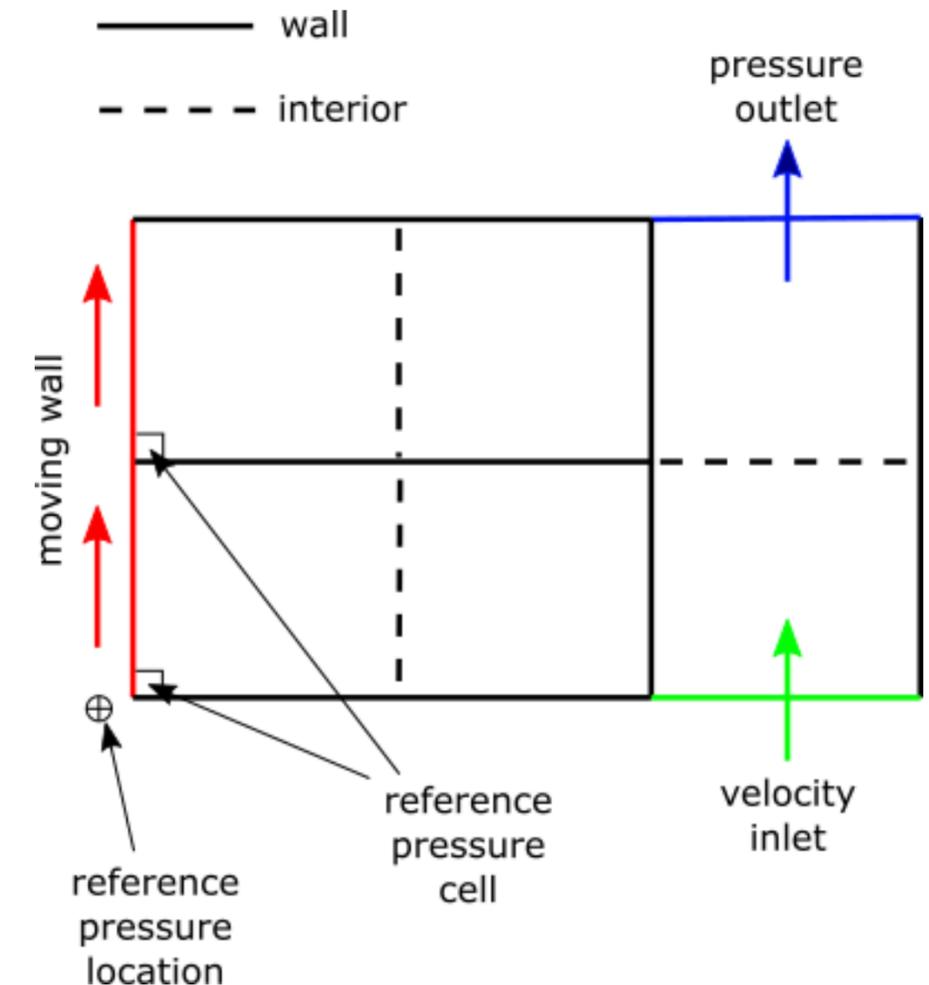
● 对耦合求解器加速约5%

● 通过TUI命令使用:

```
/solve/set/advanced/correction-form y
```

■ 多参考压力位置现在是默认方式

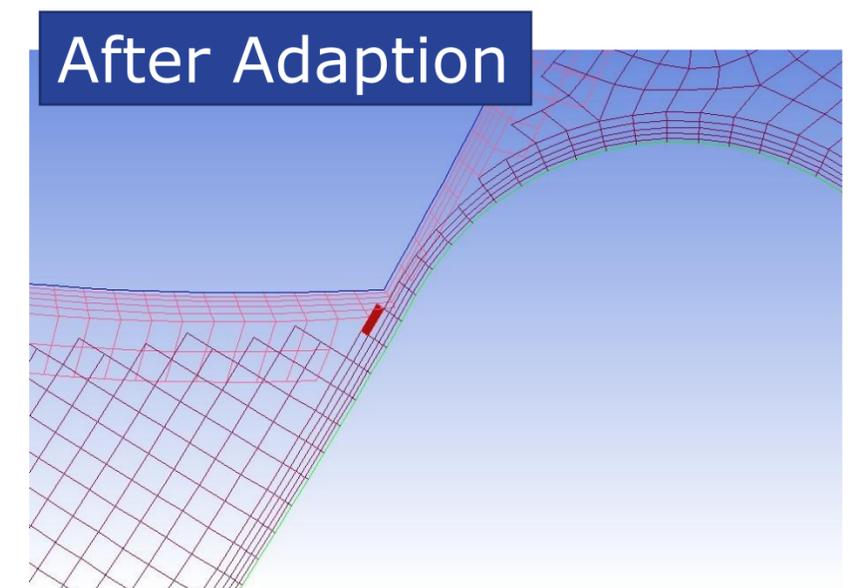
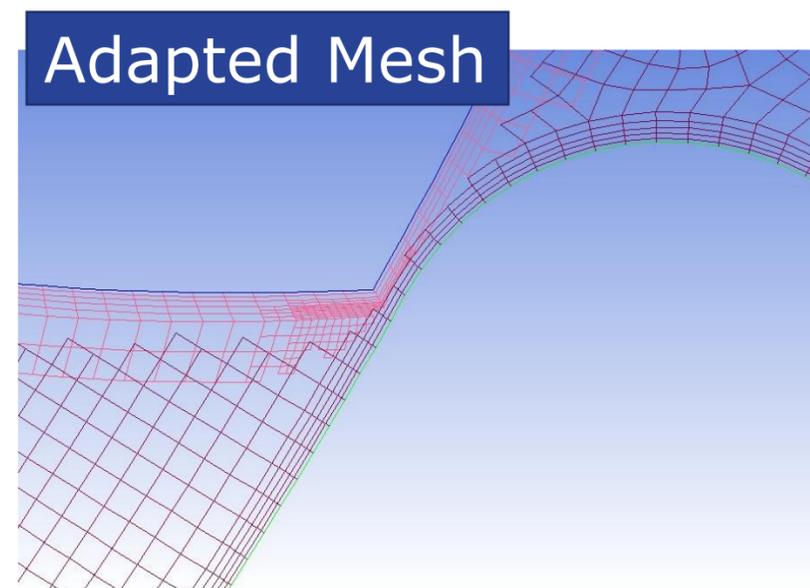
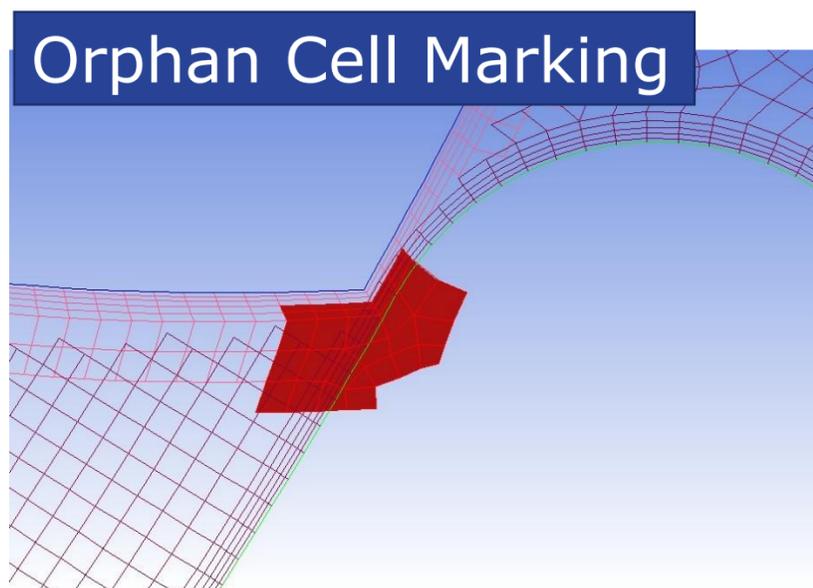
- 在2020R1引入, 对于计算域内有多个不连续区域时的
可选设定项



重叠网格的网格自适应

- 使用特定重叠 (overset-specific) 自适应策略提升重叠网格的连续性, 可基于:
 - 存在的独立单元(orphan cells)
 - 局部的Donor / Receptor 网格尺寸区别
- 使用TUI命令调用:


```
/define/overset-interfaces/adapt/adapt-mesh
```
- 暂不支持动态自适应



目录

1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoint / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

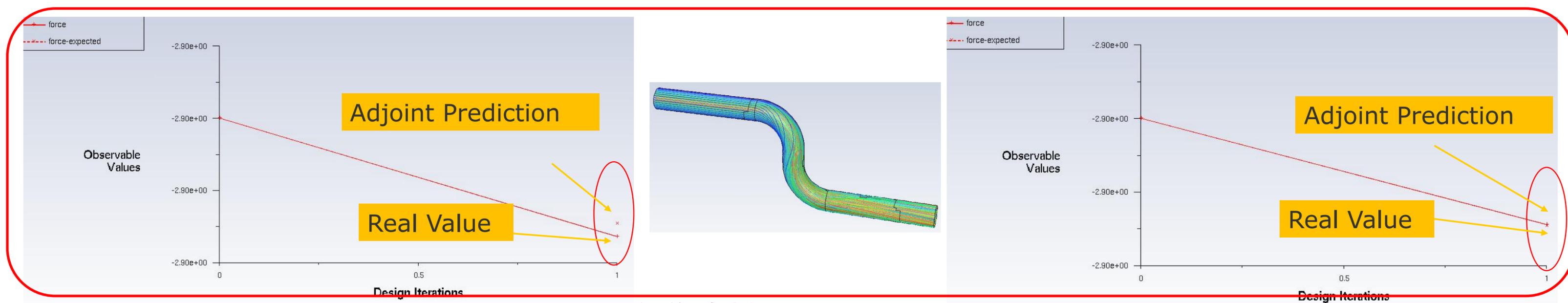
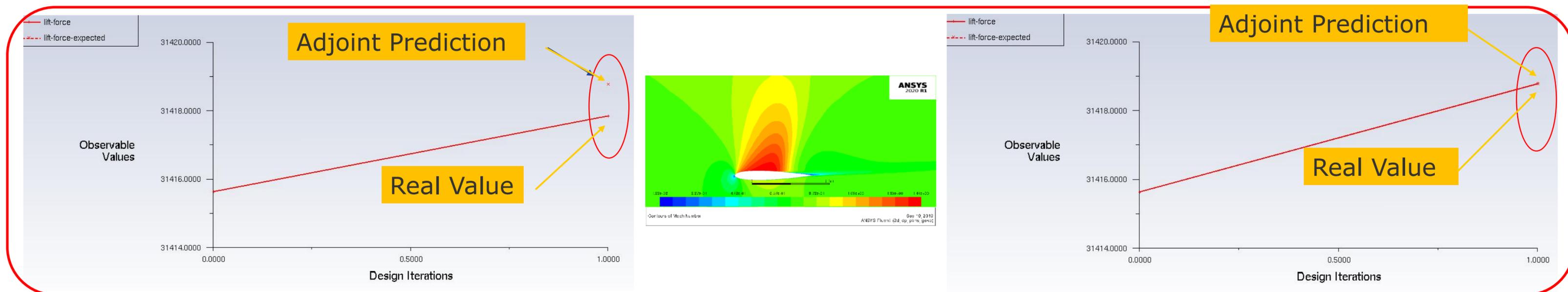
伴随湍流方程

- 伴随灵敏度可包含GEKO (广义k- ω) 湍流模型
 - 消除“冻结湍流”的假设
 - 好处
 - ✓ 当设计接近最佳时或具有多目标优化时, 形状灵敏度更加准确
 - ✓ 获得对GEKO参数的敏感性, 这为GEKO模型校准提供了独特的方法
- 注意点:
 - 不支持间歇转捩模型 (Intermittency transition model)
 - 伴随K和omega方程的伴随方程组变得更僵硬。可能难收敛。
 - 由于伴随K和omega方程, 求解伴随方程的计算和存储成本更高。
- 建议:
 - 对于形状优化, 只有在必要时启用伴随湍流方程, 例如当形状接近最佳时。在大多数情况下, 冻结湍流假设应该可以正常工作。

伴随湍流：形状敏感性验证

没有启用伴随湍流

启用伴随湍流

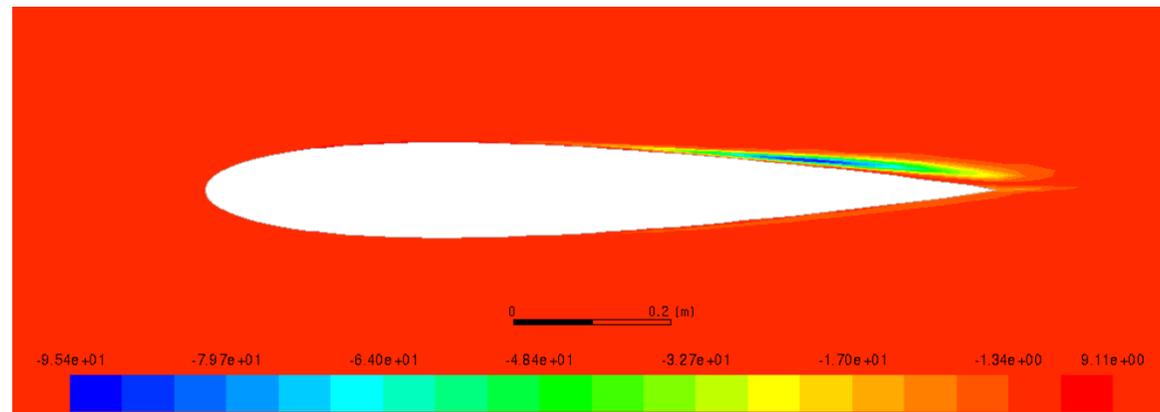


■ 启用伴随湍流可提高形状灵敏度的准确性。

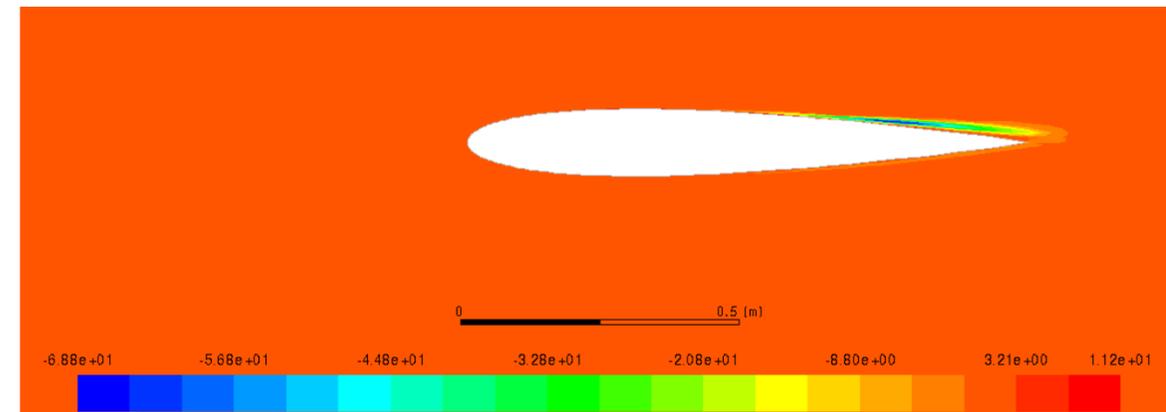
伴随湍流方程

- 关于GEKO参数的敏感性为如何调整GEKO参数提供了直接指导。

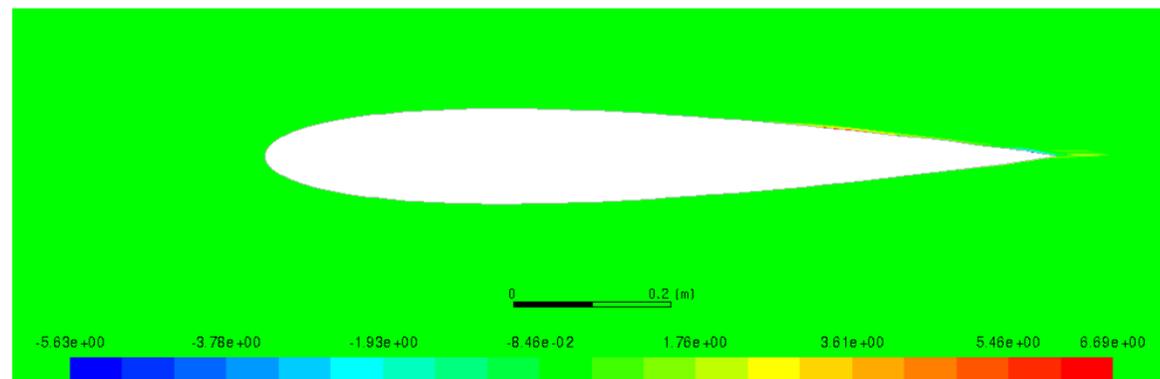
对GEKO混合功能的敏感性



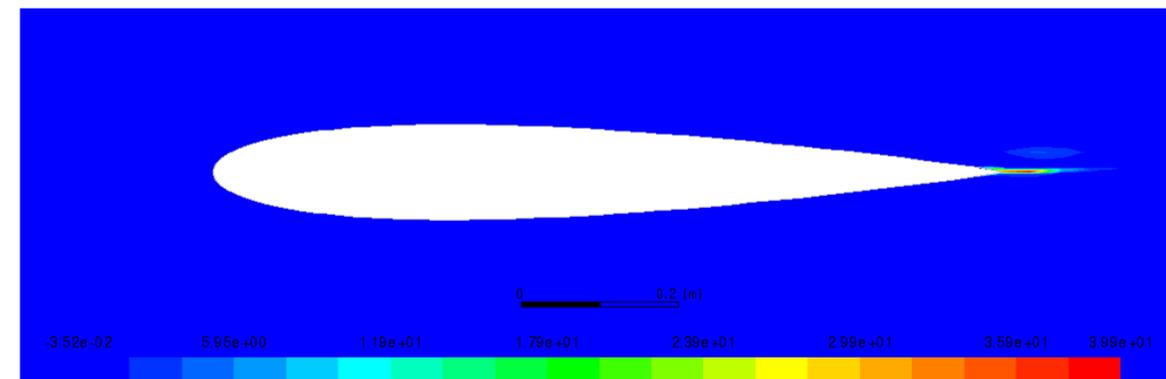
对GEKO CSEP的敏感性



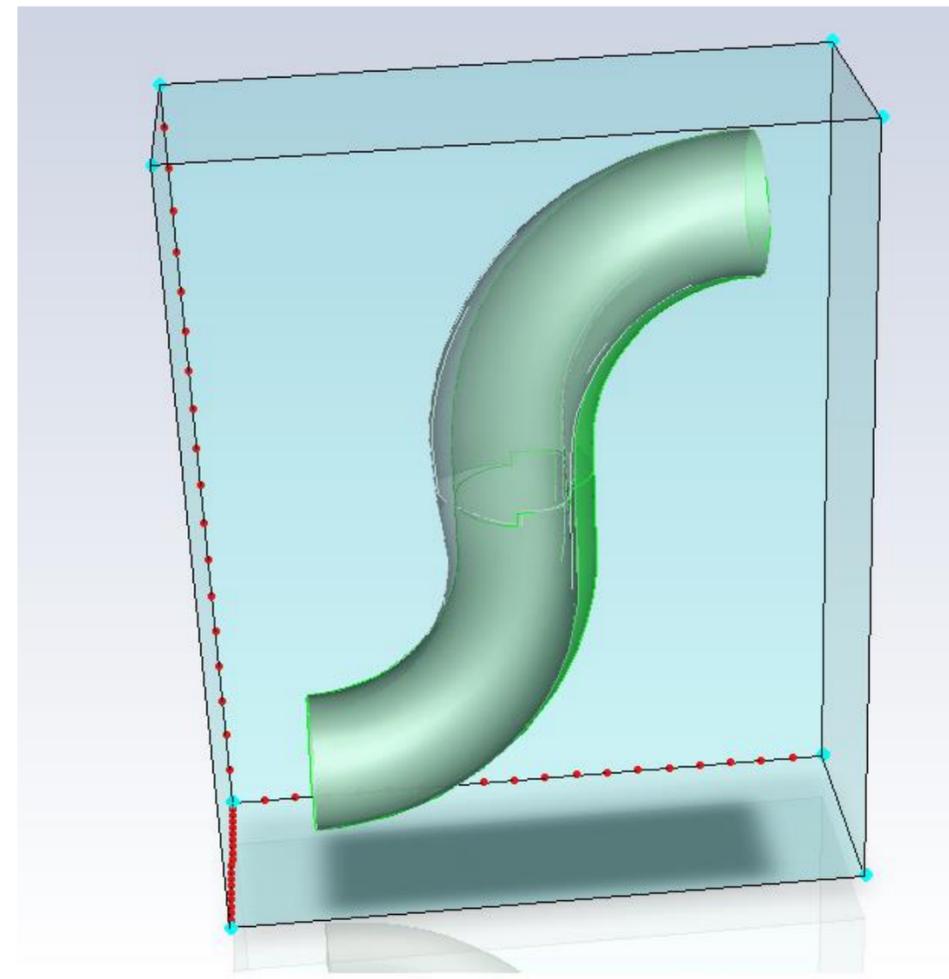
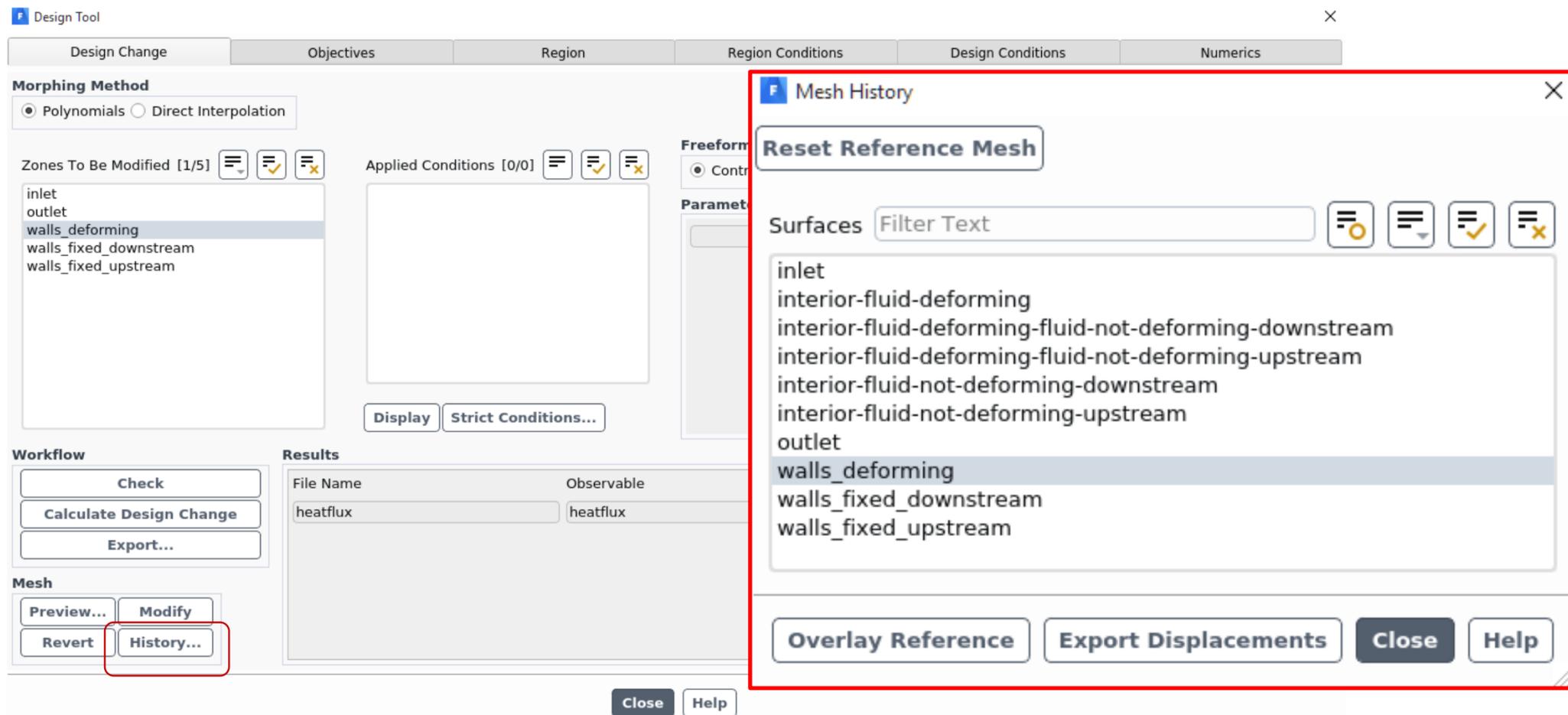
对GEKO CNW的敏感性



对GEKO CMIX的敏感性

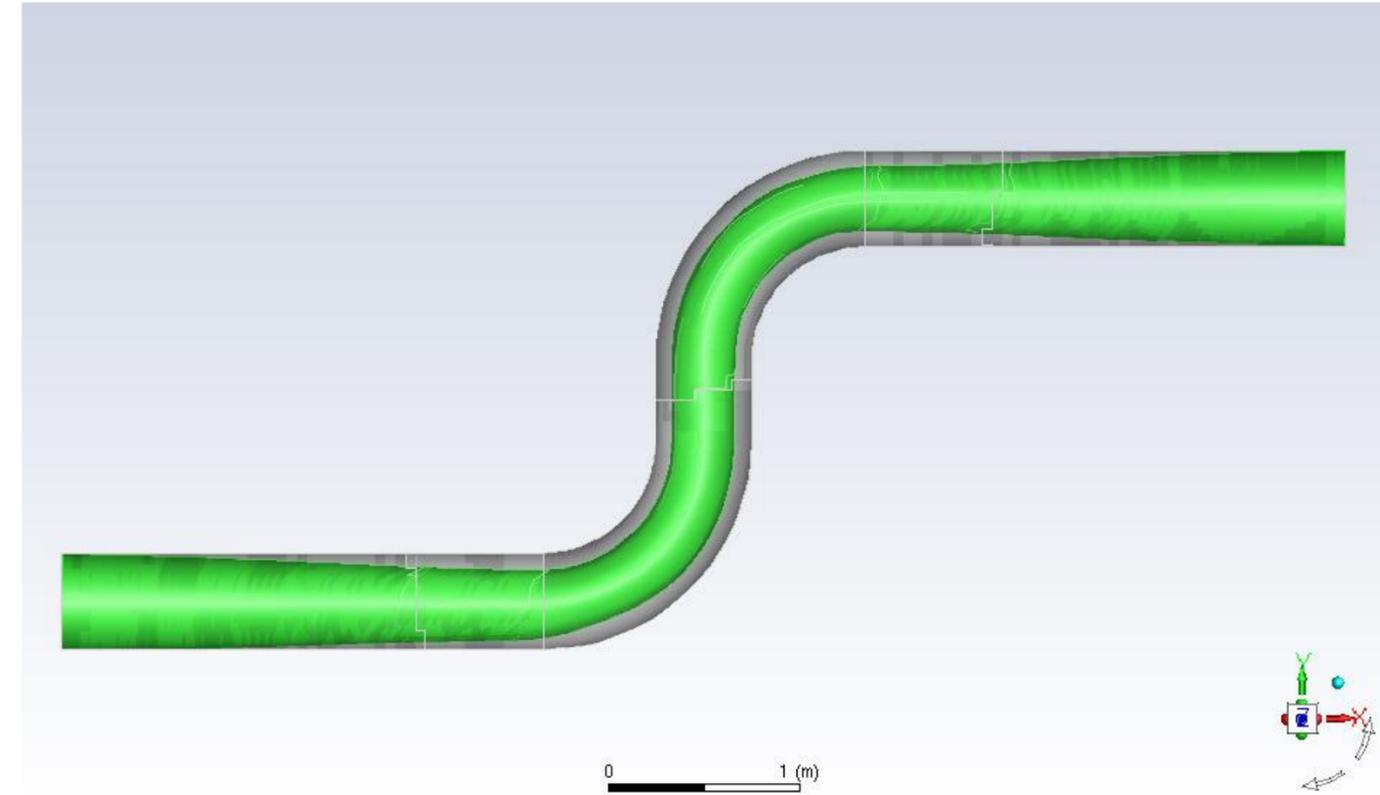
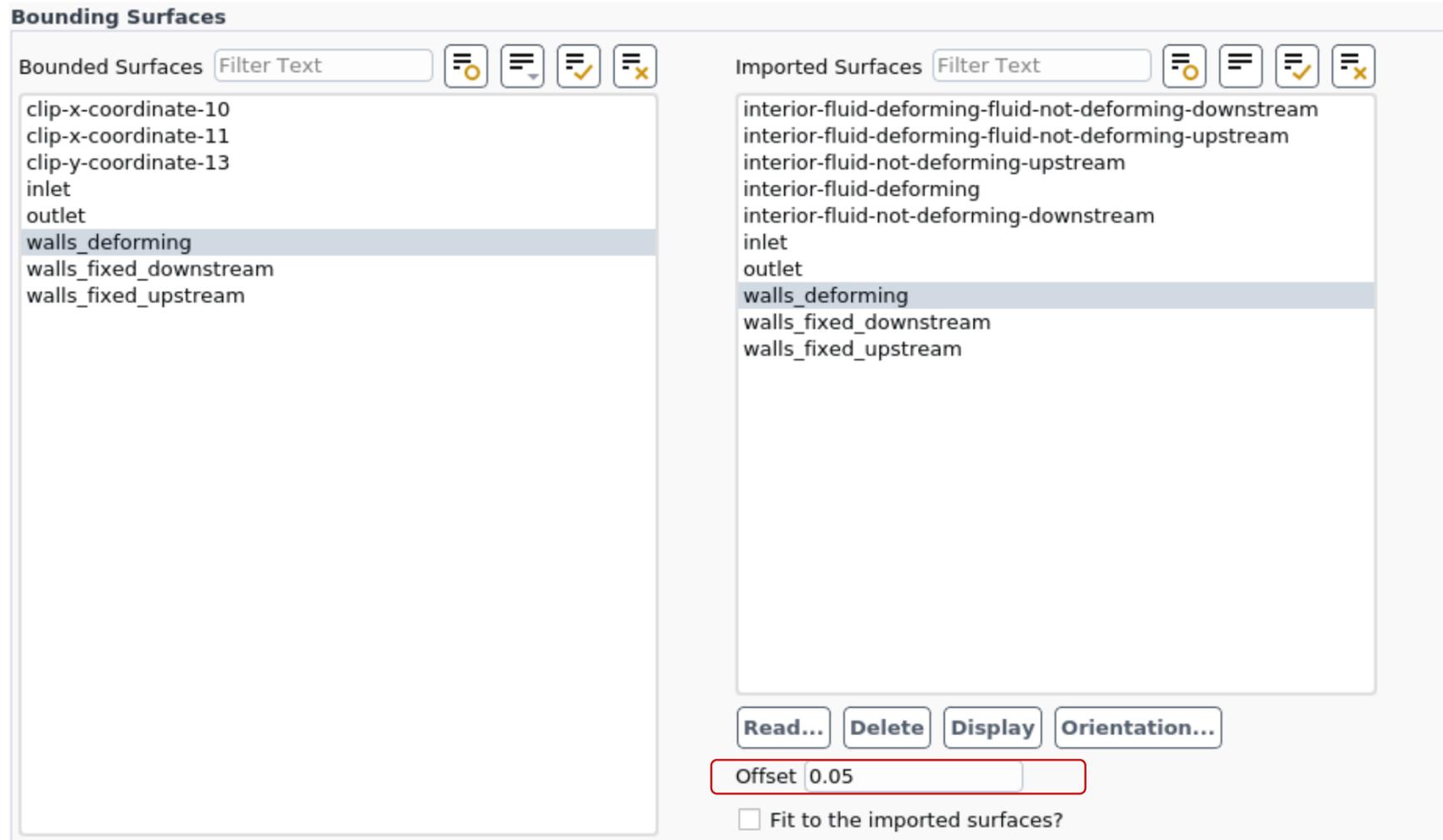


比较优化网格和参考网格



- 此功能有助于在多次设计迭代之后比较初始和优化的几何形状
- 导出总位移 (Export Displacement) 并将网格与参考网格 (Overlay Reference) 进行比较
- 设置/重置参考网格
 - 限制: 参考网格仅以CFF格式保存到case文件中。
 - 局限性: Dooes不支持网格或其他导致网格计数更改的操作。

偏移有界表面

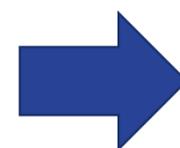


wall_deforming表面以其本身为界，偏移量为0.05m。绿色是变形后的，灰色是变形前的

- 受表面限制的边界偏移选项，给出包围的需求量
 - 限制：仅使用小偏移量，否则边界可能出意外。

区域条件公开设置的简化

X Motion	Y Motion	Z Motion
Points 20	Points 3	Points 20
<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled
<input checked="" type="checkbox"/> Invariant in X	<input type="checkbox"/> Invariant in X	<input type="checkbox"/> Invariant in X
<input type="checkbox"/> Invariant in Y	<input checked="" type="checkbox"/> Invariant in Y	<input type="checkbox"/> Invariant in Y
<input type="checkbox"/> Invariant in Z	<input type="checkbox"/> Invariant in Z	<input type="checkbox"/> Invariant in Z
Symmetry of Motion		
<input type="checkbox"/> Symmetric in X		
<input checked="" type="checkbox"/> Symmetric in Y		
<input type="checkbox"/> Symmetric in Z		



Advanced Settings

In X	In Y	In Z
Points 20	Points 20	Points 20
<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled
<input type="checkbox"/> Invariant	<input type="checkbox"/> Invariant	<input type="checkbox"/> Invariant
<input type="checkbox"/> Symmetric	<input type="checkbox"/> Symmetric	<input type="checkbox"/> Symmetric

Advanced Settings

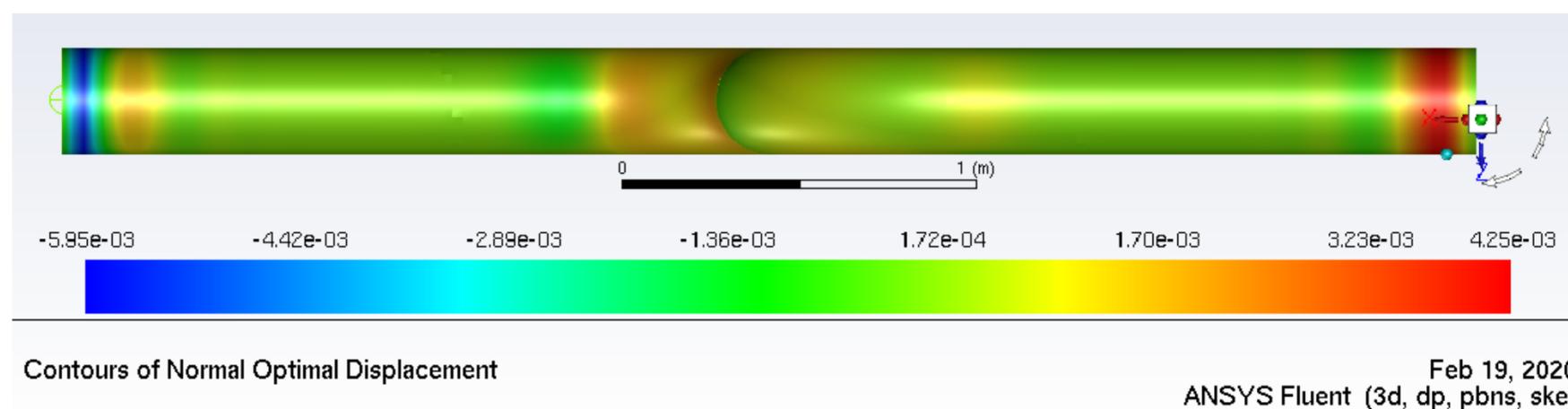
In X	In Y	In Z
Points 20	Points 20	Points 20
<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled
<input checked="" type="checkbox"/> Invariant	<input type="checkbox"/> Invariant	<input type="checkbox"/> Invariant
<input checked="" type="checkbox"/> X Motion Invariant	<input type="checkbox"/> X Motion Invariant	<input type="checkbox"/> X Motion Invariant
<input checked="" type="checkbox"/> Y Motion Invariant	<input type="checkbox"/> Y Motion Invariant	<input type="checkbox"/> Y Motion Invariant
<input checked="" type="checkbox"/> Z Motion Invariant	<input type="checkbox"/> Z Motion Invariant	<input type="checkbox"/> Z Motion Invariant
<input type="checkbox"/> Symmetric	<input type="checkbox"/> Symmetric	<input type="checkbox"/> Symmetric

■ 简化区域条件

- 重组不同条件
- 大大简化的区域条件，尤其对于不变条件

支持对称和运动的直接插值的扩展

- 客户要求的直接插值方法的增强功能。
 - 支持对称区域条件
 - 支持为直角坐标和圆柱坐标启用运动条件。



In X	In Y	In Z
<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled
<input type="checkbox"/> Symmetric	<input type="checkbox"/> Symmetric	<input checked="" type="checkbox"/> Symmetric
Region Boundary Continuity		
<input checked="" type="checkbox"/> Apply Continuity		
Apply		

In Theta	Radially	Axially
<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled	<input checked="" type="checkbox"/> Motion Enabled
<input type="checkbox"/> Symmetric		<input type="checkbox"/> Symmetric
Region Boundary Continuity		
<input checked="" type="checkbox"/> Apply Continuity		
Apply		

梯度优化器 (Gradient Optimizer) 的改进

2020R1

每次设计工具计算之后，更新优化历史记录监视器。

完成所有流量和伴随计算后，检查结果是否变差。

2020R2

将最重要的面板添加到优化器中

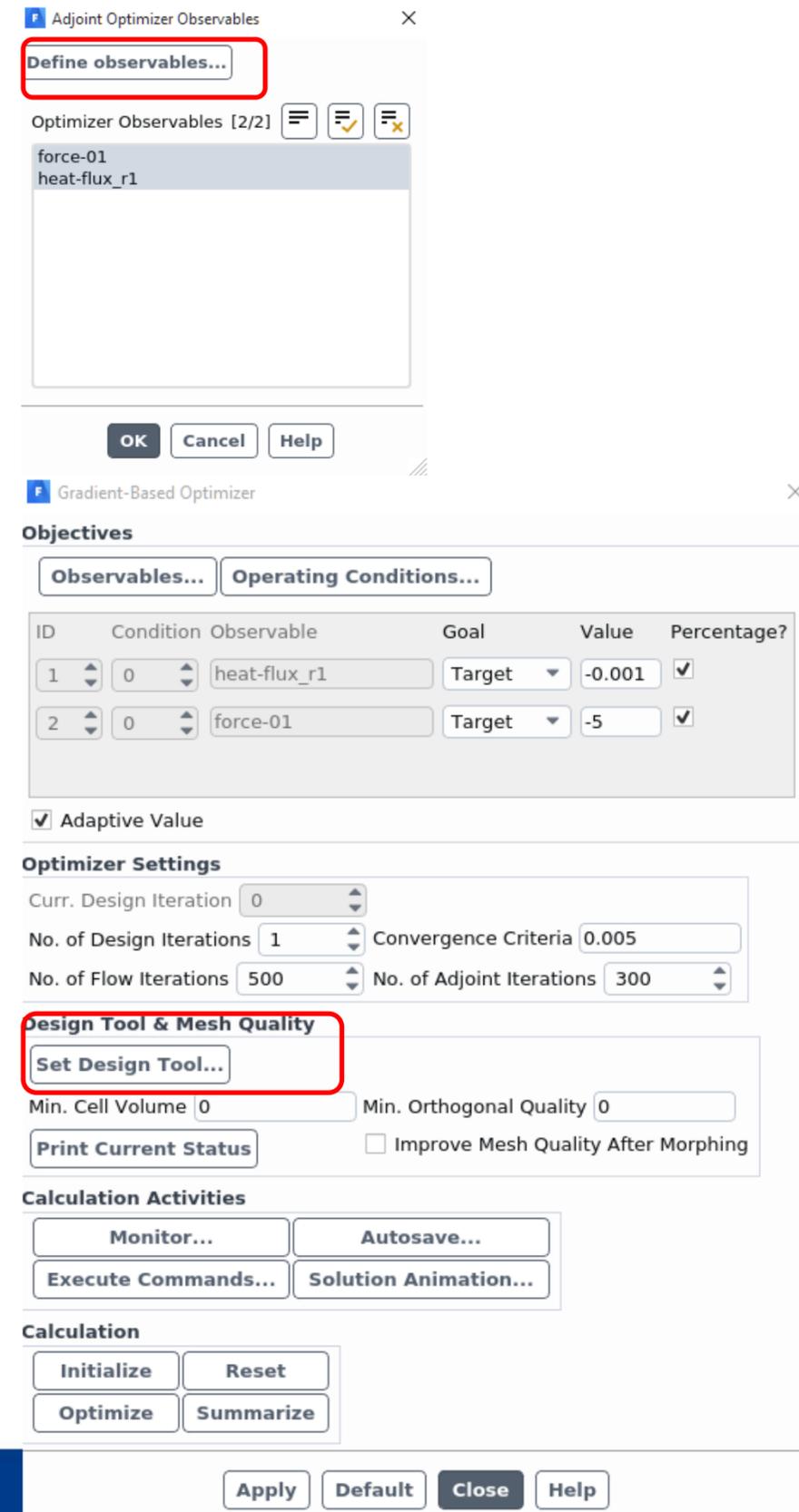
在每次流动计算和设计工具计算之后，更频繁地更新优化历史记录监视器。

在完成每次流动计算后，检查结果是否变差以节省时间。

优化完成后更新流动解决方案，以使流动结果在优化后始终有效。

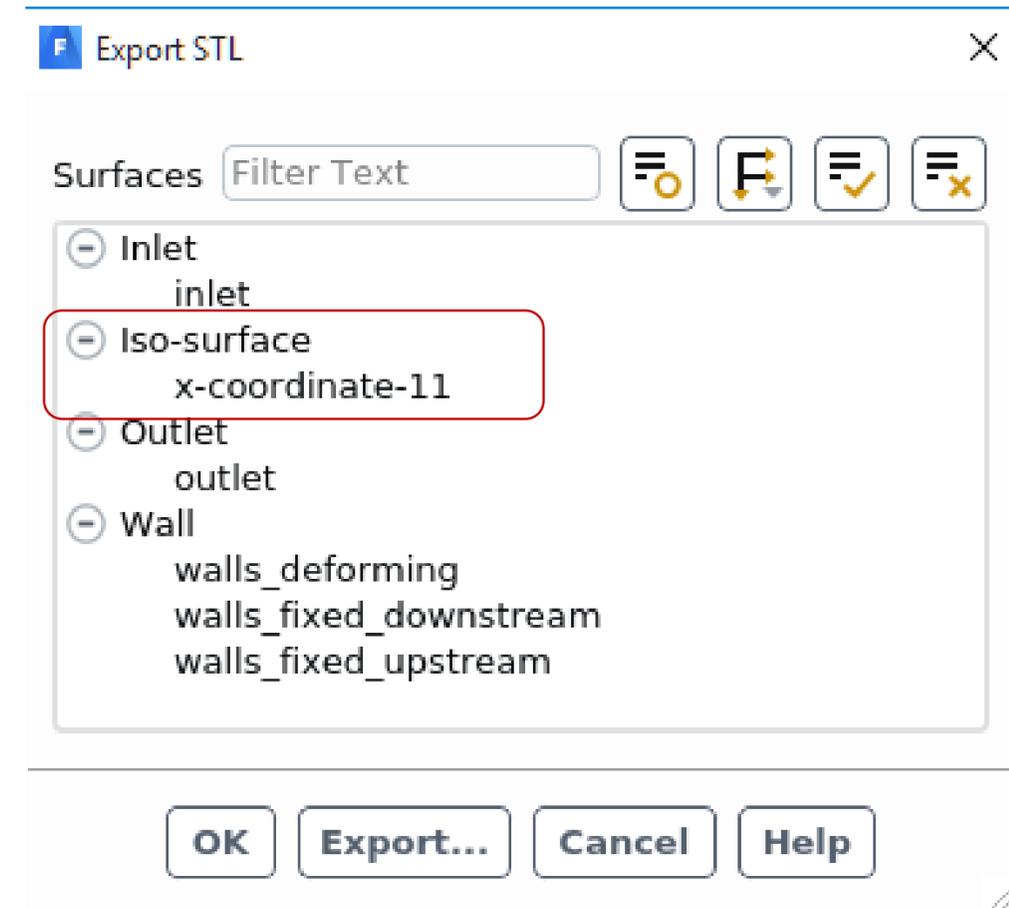
调整一些默认值以最小化用户的设置。

用不同的参数变量为流动/伴随迭代与Fluent和伴随求解器中的迭代计数



导出任意表面的STL

- 将等值面导出到STL文件
 - 导出生成的拓扑面。
 - 输出等值面以在网格再生期间进行网格调整。
 - 其他应用。



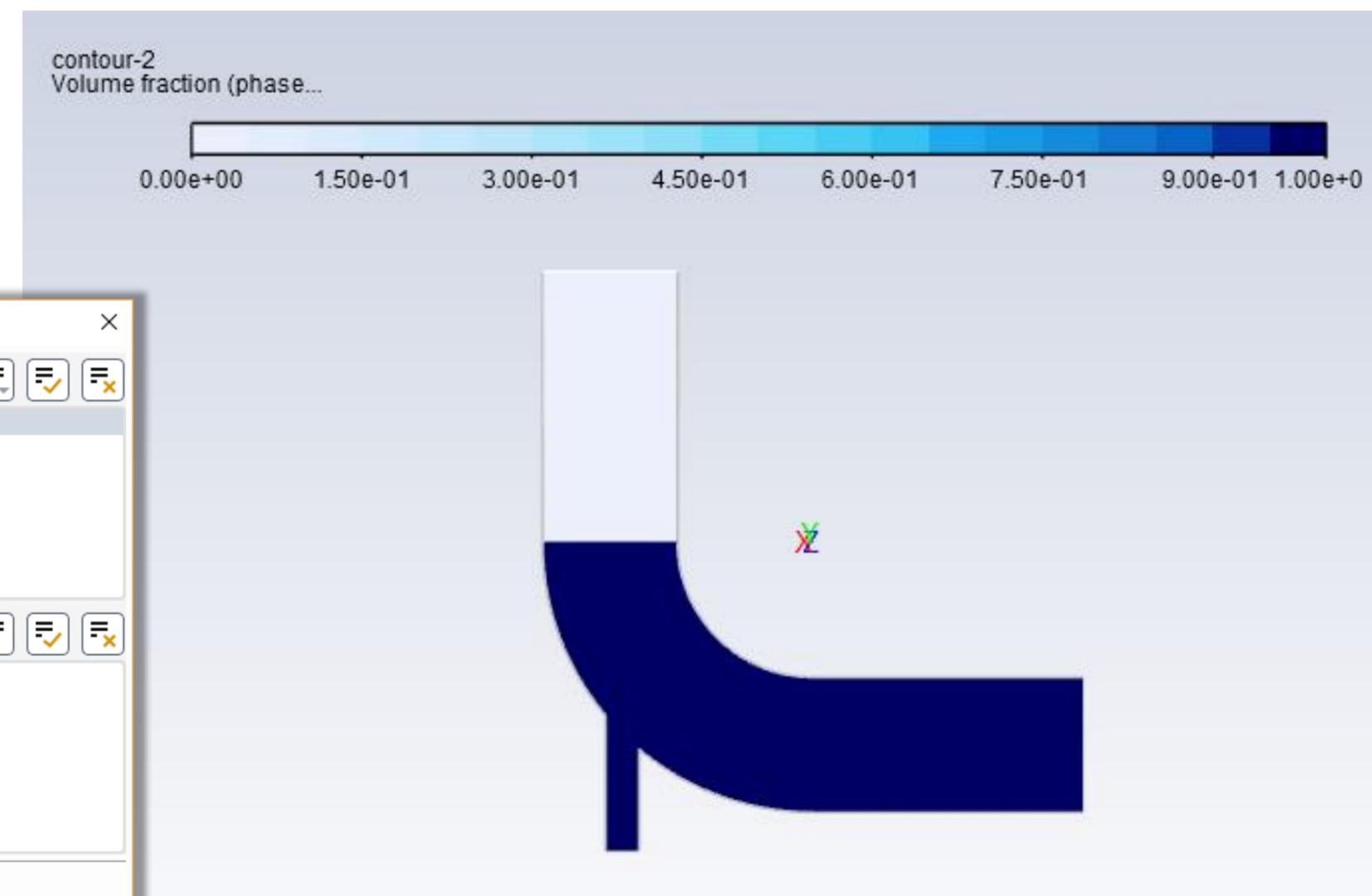
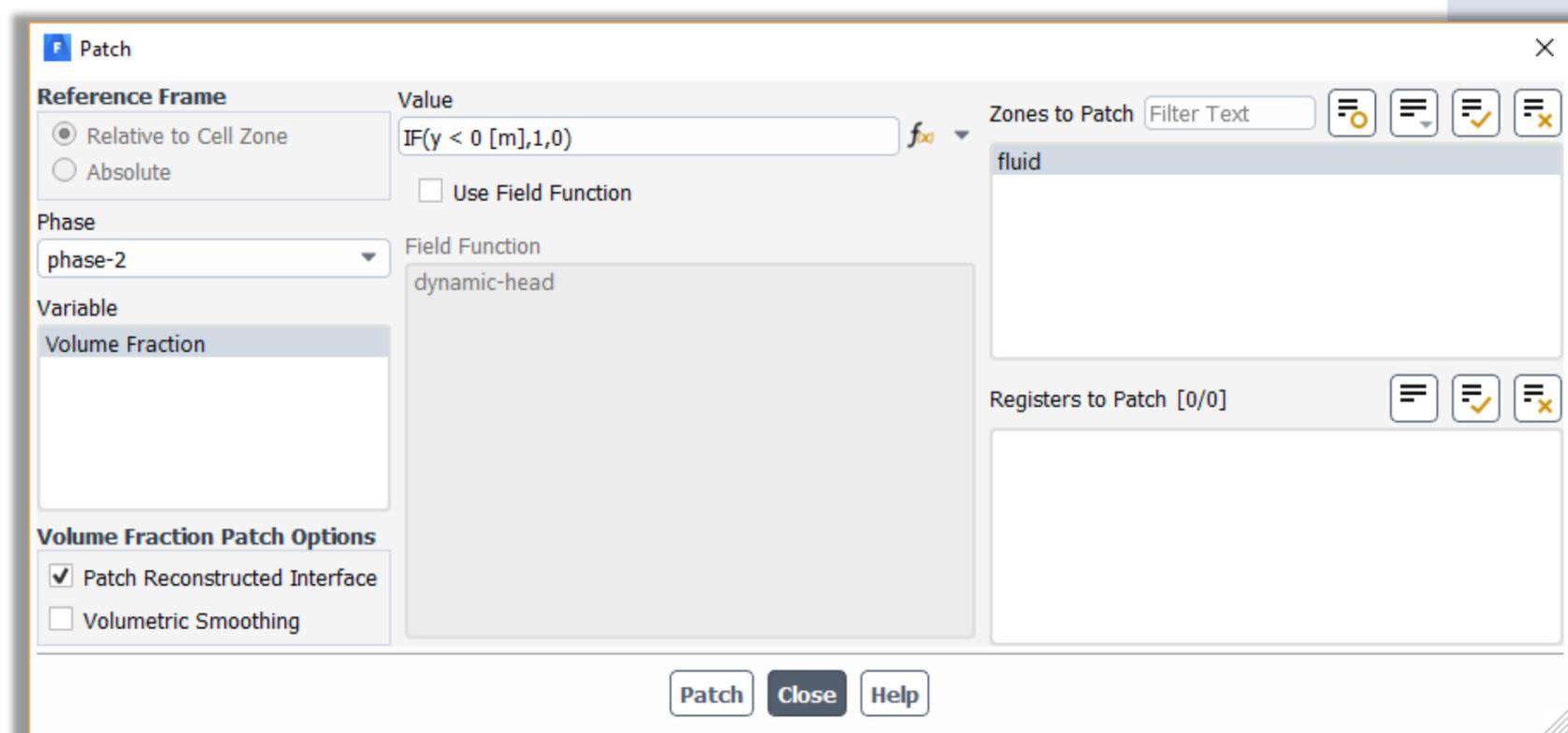
目录

1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoint / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

修补解决方案/初始化的表达式

■ 使用表达式修补初场

- 例如，以液体的初始高度“填充”一个体



材料属性定义的表达式

- 现在可以使用表达式来定义与解决方案相关的材料属性

支持的属性

密度¹
 粘度
 导热系数
 吸收系数
 散射系数
 电导率
 锂扩散率
 分配系数
 UDS扩散率

as
functions²
of

支持的变量

绝对压力
 静态温度
 动态粘度
 湍流粘度

- 好处

- 比内置分段线性/多项式功能更灵活
- 比编写UDF更容易

¹可以将密度指定为绝对压力或静态温度的函数，但不能两者都指定。
²材料属性表达式不支持诸如Average(), Sum()之类的归约运算

表达式的诊断图

- 轻松地检查作为函数自变量的表达式值
 - 选定的主要和次要自变量可以指定范围
 - 可以给其他自变量提供用户指定的值

$v_{max} * (1 - (x^2 + y^2) / Radius^2)$

Expression

Name: parabolic_profile

Definition: $v_{max} * (1 - (x^2 + y^2) / Radius^2)$

Current Value: Refresh value

Primary Independent Variable

x (m)

Count: 100

Min: 0

Max: .010

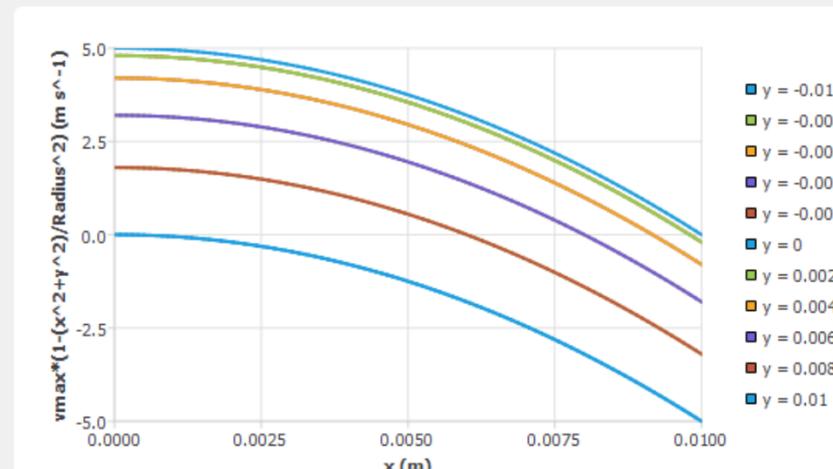
Secondary Independent Variable

y (m)

Curves: 11

Min: -0.010

Max: 0.010



The plot shows the function value for x from 0.0000 to 0.0100. The y-axis ranges from -5.0 to 5.0. Multiple curves are shown for different y values: -0.01, -0.008, -0.006, -0.004, -0.002, 0, 0.002, 0.004, 0.006, 0.008, and 0.01. The curves are symmetric about y=0 and decrease as x increases.

Use as Input Parameter

Use as Output Parameter

OK Cancel Help

表达式新功能

■ 质量加权归约函数（求和或平均值）

- Sum(<expr>, <boundary locations>, Weight= "MassFlowRate")

- ✓ 加权使用每个评估面上的带符号的质量流量

- Sum(<expr>, <boundary locations>, Weight= "AbsMassFlowRate")

- ✓ 加权使用每个评估面上的质量流量的绝对值

- Sum(<expr>, <volumetric locations>, Weight= "Mass")

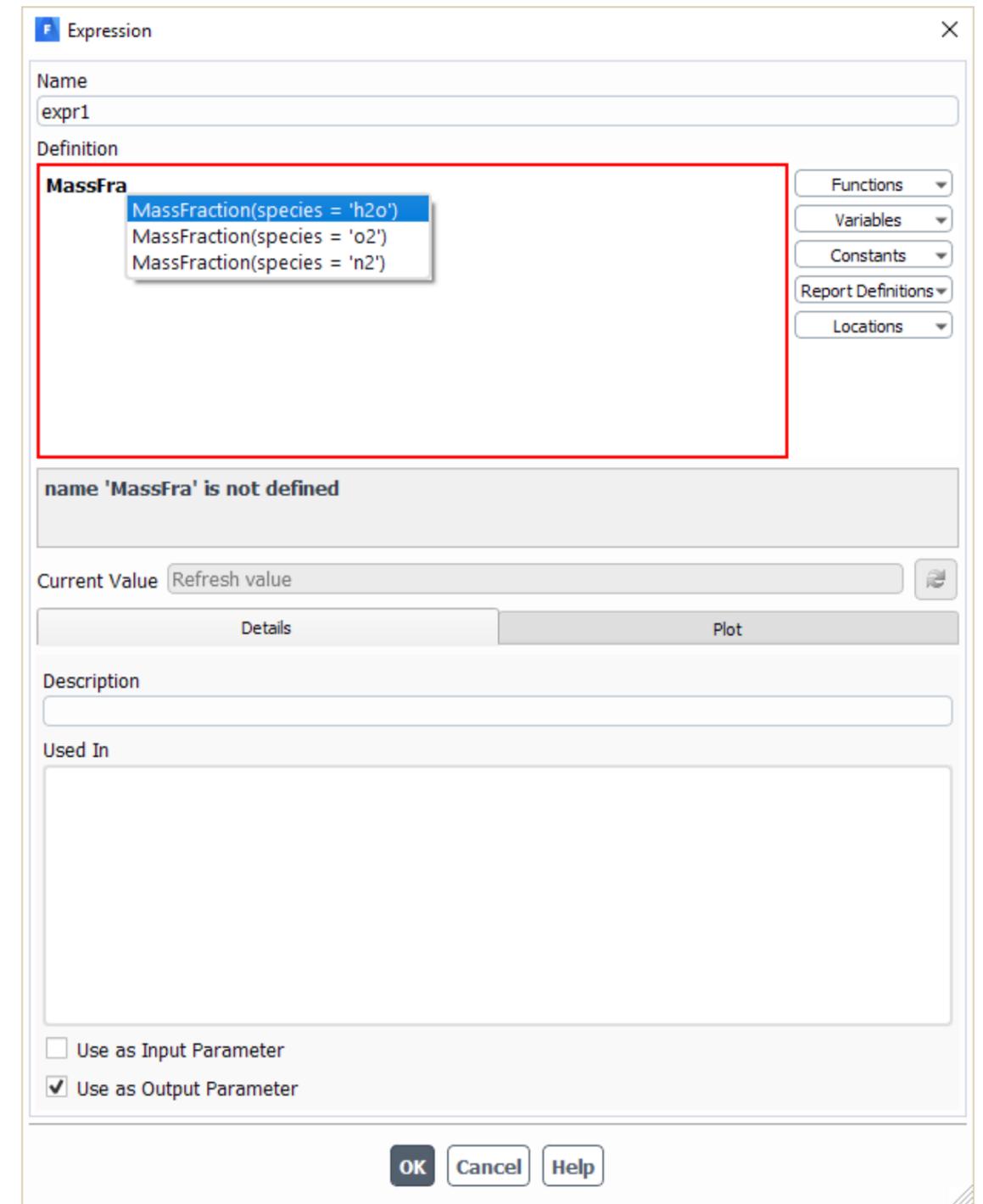
■ bessell, bessely

■ Step

■ ^ (代替**)

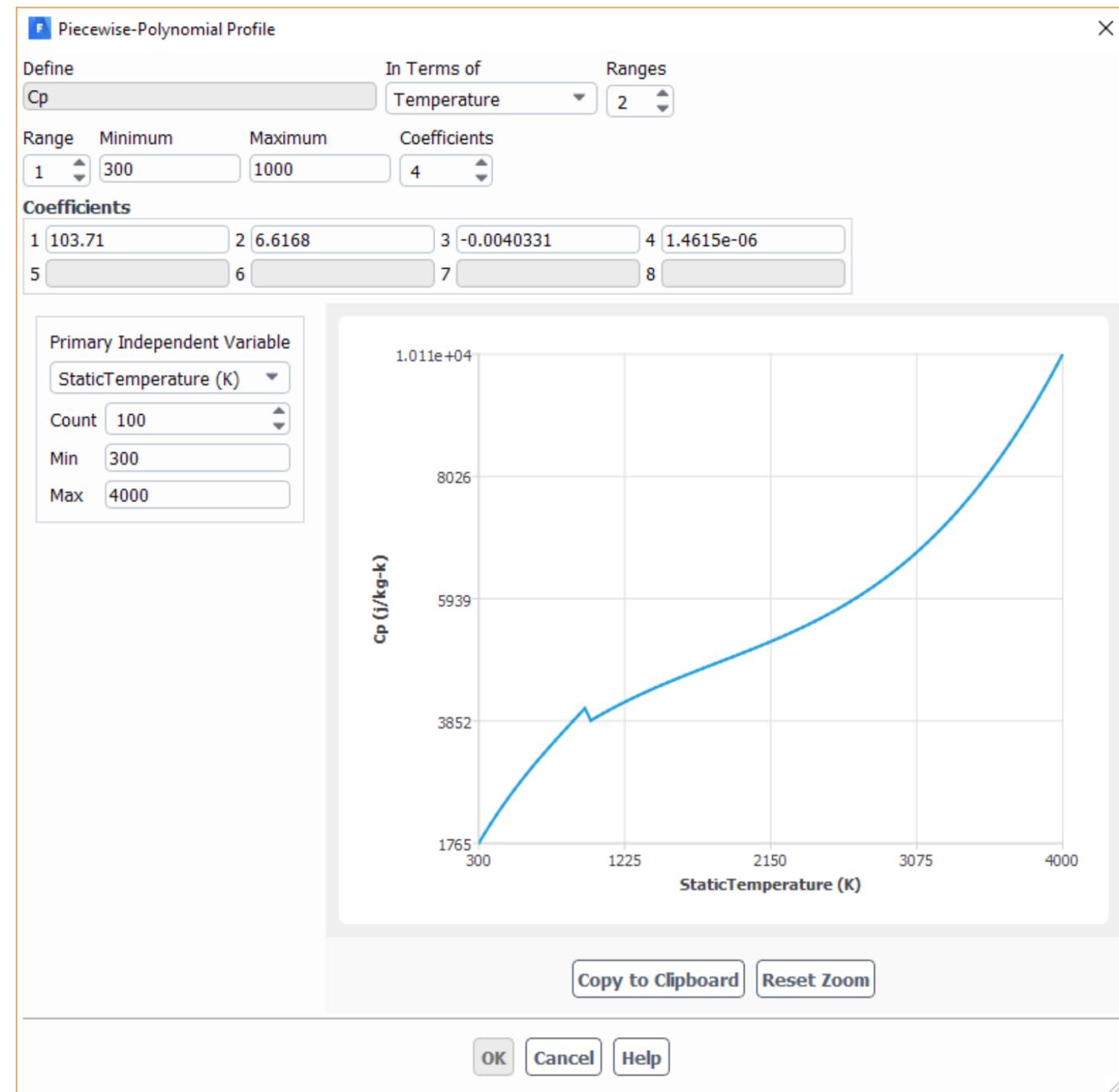
表达式的易用性

- 在GUI中插入相/种类/位置等
- 边界/网格单元中的隐式位置
 - 例如，使用 $1 \text{ [kg / s] / Area ()}$ 定义质量流量。
 - 然后将此方法应用于其他边界区域，而不必更新位置说明符
- 直接作为输出参数
 - (无需创建Report Definitions)
- 一次删除多个相互依赖的表达式
- 从TUI导出/导入命名表达式定义



材料属性的诊断图

- 在求解演化过程中变得极端或非物理的可变材料属性会导致鲁棒性问题
 - 例如，在收敛过程中局部达到的近解极限
- 现在，对于定义为以下形式的属性，可以很容易地绘制和检查值：
 - 分段线性
 - 多项式
 - 分段多项式
 - 表达式

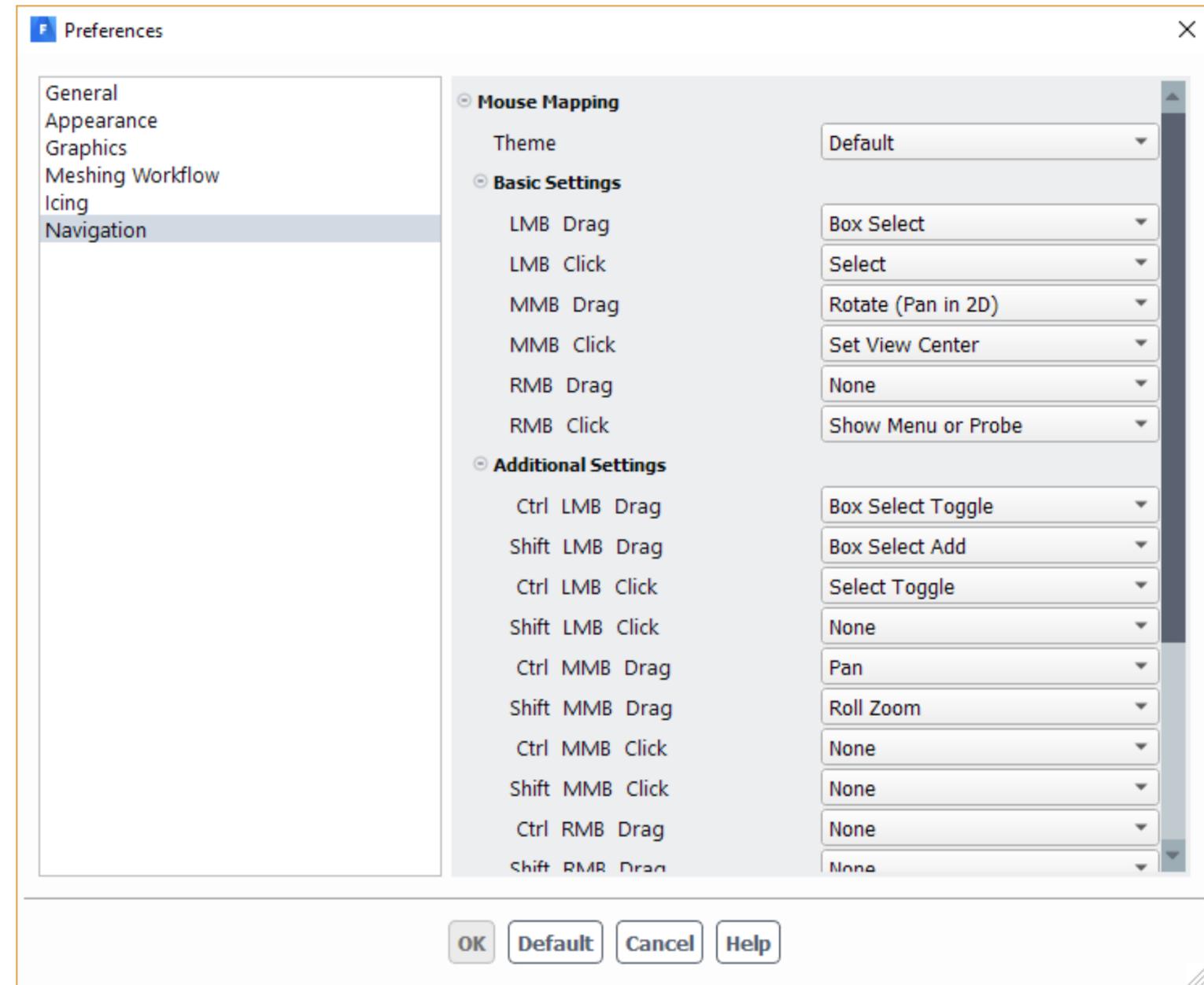


目录

1. 网格流程(Meshing Workflows)
2. 电池模型 (Battery Modeling)
3. 多相流和DPM (Multiphase and DPM)
4. 其他物理模型 (Other Physics / Models)
5. 求解器提升 (Solver Enhancements)
6. 伴随/设计工具 (Adjoint / Design Tool)
7. 表达式 (Expressions)
8. 用户界面/图形/后处理 (User Interface / Graphics / Post)

鼠标操作的变更和统一

- 用户首选项中新增更多的鼠标操作配置选择
- 网格模式和求解模式下图形(窗口)操作统一
- 新的默认主题 (**Default theme**)带来同SpaceClaim及其他Ansys工具的更多的一致性
- 传统主题 (**Legacy theme**) 变更为之前版本 (2020 R1) Fluent的特征

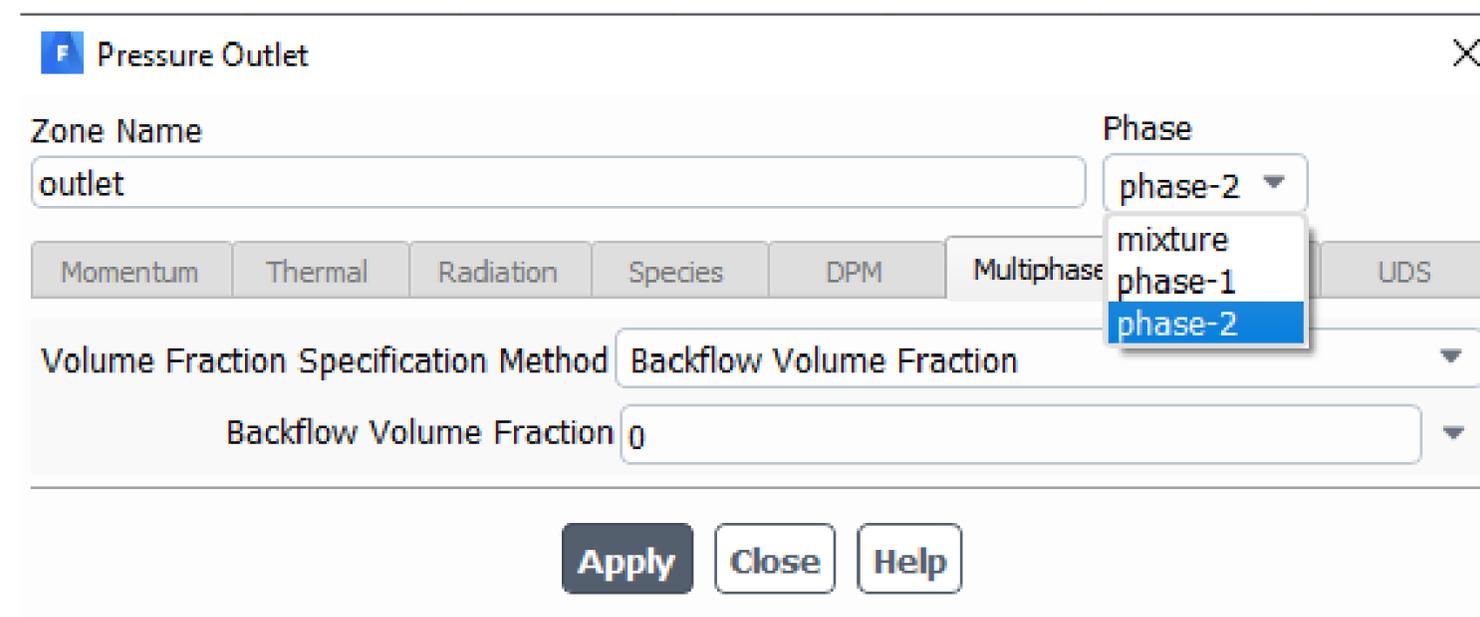
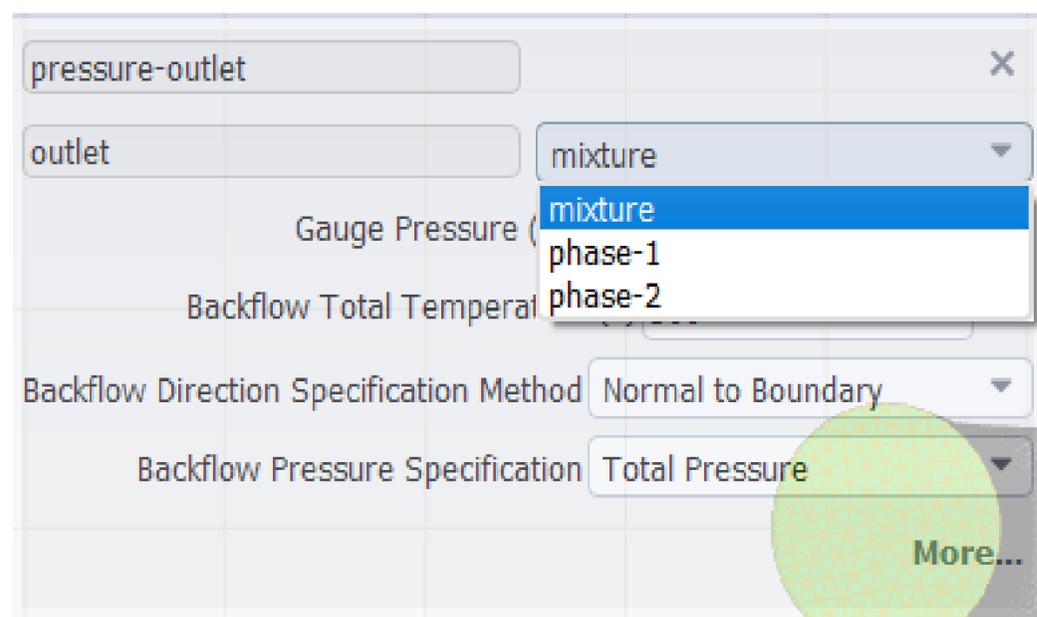


新的默认鼠标动作

动作	配合其他键	左键	中键	右键
点击	None	Select	Set View Center	Context Menu or Probe
	Shift			Fit to Window
	Ctl	Select Toggle		Probe
拖动	None	Box Select	Rotate	
	Shift	Box Select Add	Zoom	
	Ctl	Box Select Toggle	Pan	

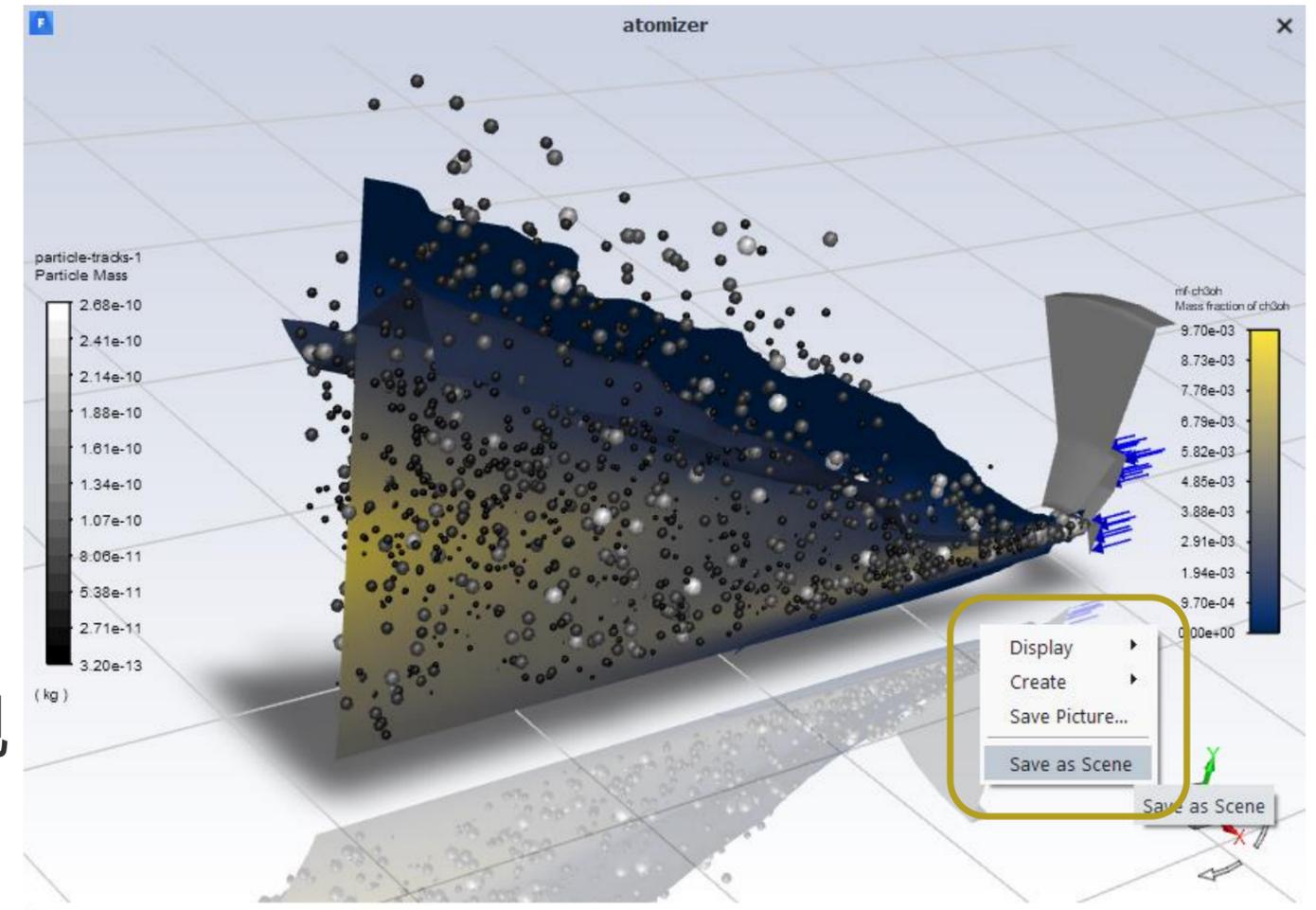
多相流边界条件设定统一

- 不同于旧版的每一相由分别的对话框来设定，新版中每个边界的所有相都通过同样的对话框/快捷编辑下拉项快速选择对应的相



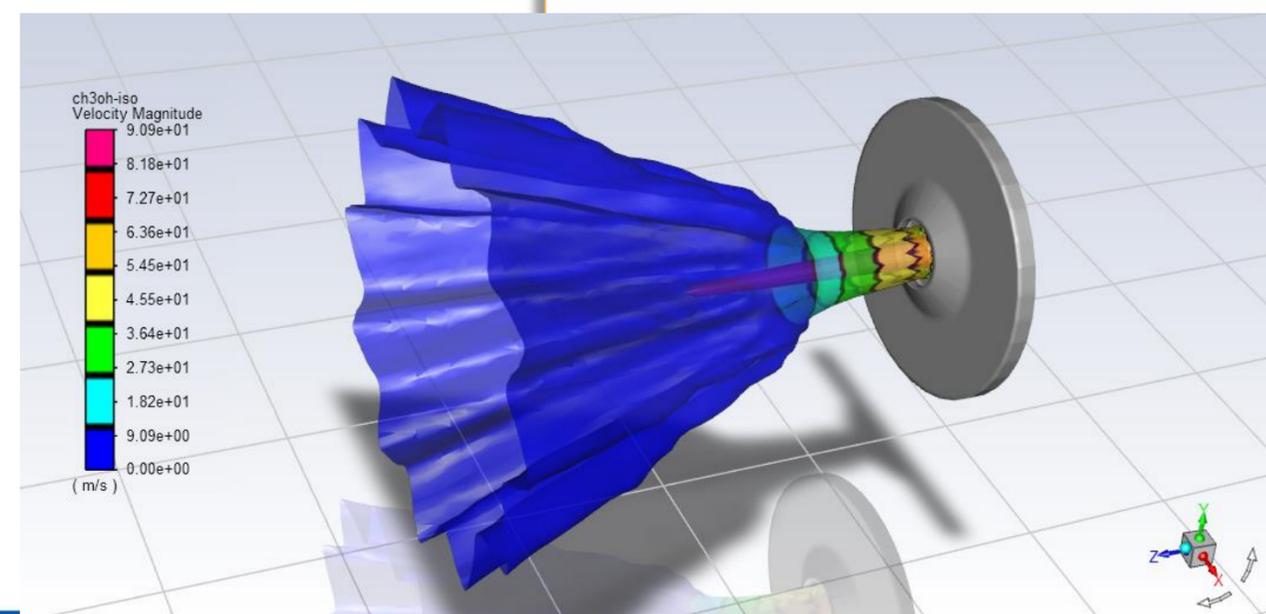
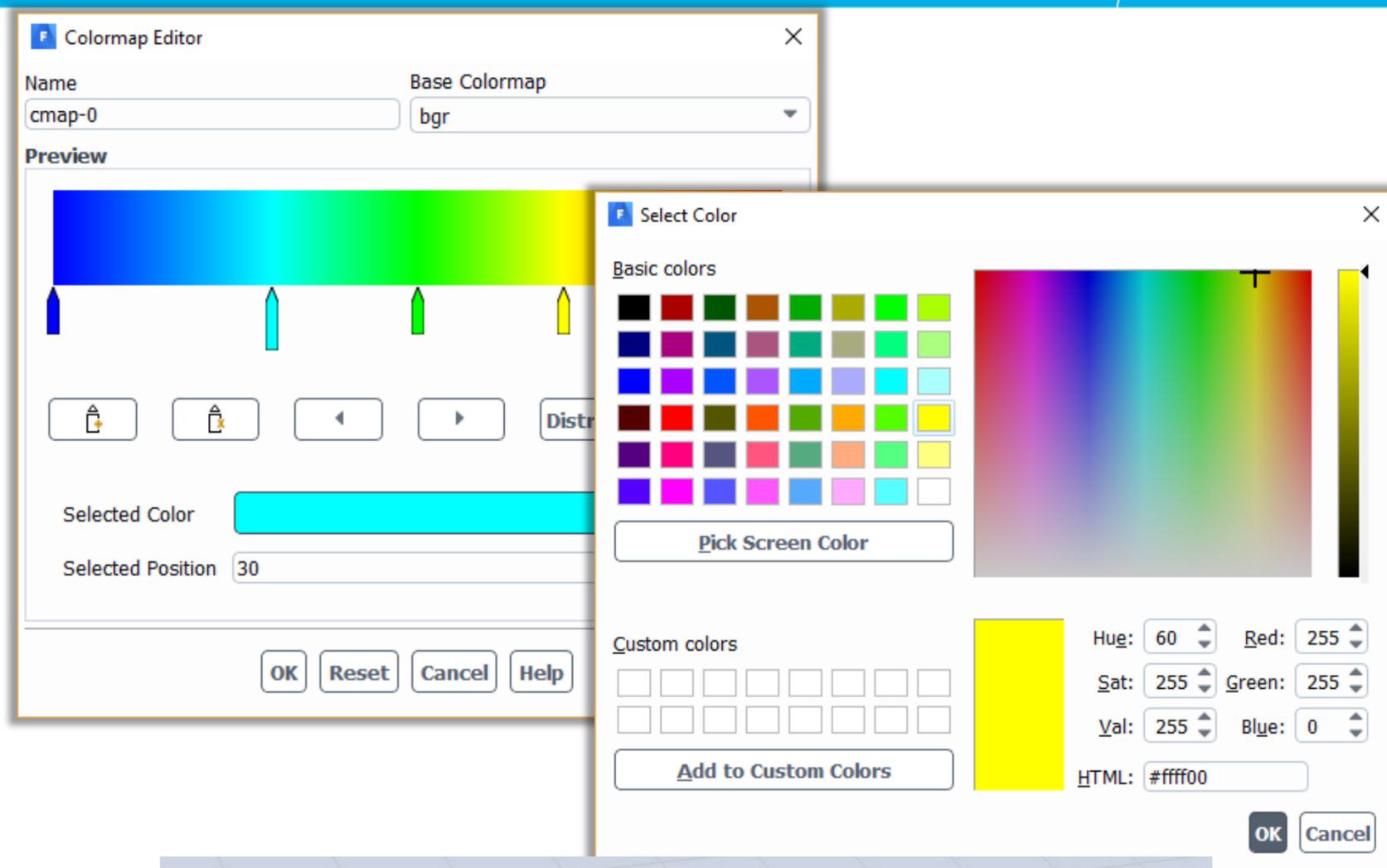
图形显示 (效果)

- 新版中网格线默认关闭
 - 可以更快速的绘图, 对于工业级大规模网格可以更简洁显示
 - 如果需要在网格视图中显示时同样可以打开
 - 可以在首选项中做固定设定:
File → **Preferences** → **Appearance** → **Show model edges**
- 新增图形窗口快捷方式用来保存显示内容到视图 (Scene)



图形显示 (效果)

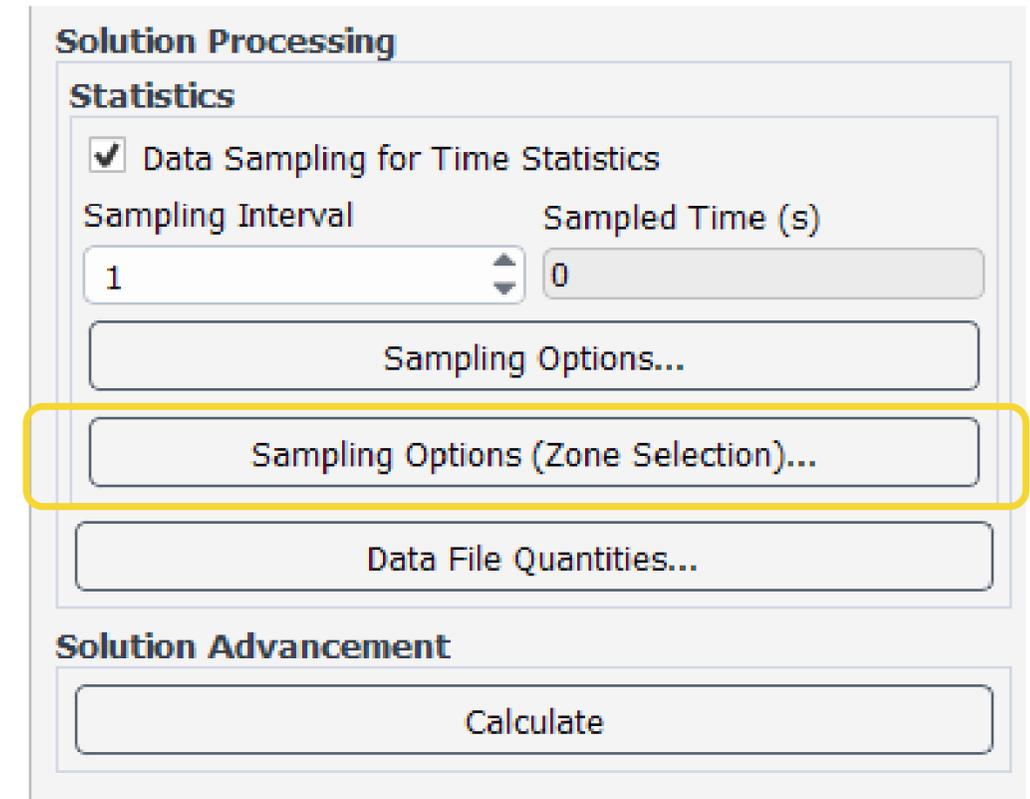
- 新增色彩标尺编辑器 (Colormap editor) 用户可以容易的设置截断和选择色彩
- 新增多种色彩标尺, 如高对比度标尺和分段标尺
- 新的色带默认参数:
 - 100 级
 - 11 标注



动态（仿真结果的）数值解统计

- 新的框架用于处理实时计算数值结果的平均值/RMSE
- 同之前功能相比新增更多关键功能
 - 直接支持大多数流场变量而无需用户场函数（Custom Field Function）
 - 统计值的累积可以约束在选定的网格单元或者边界上，不同的区域可以提取不同的变量累积值
 - 边界域上提取的统计结果来自于边界上的真实值，而不是邻域网格的近似值
- 开启该功能，通过**Sampling Options (Zone Selection)...**
- 目前（暂时）将通过**Sampling Options...** 功能实现，未来版本会彻底变更。

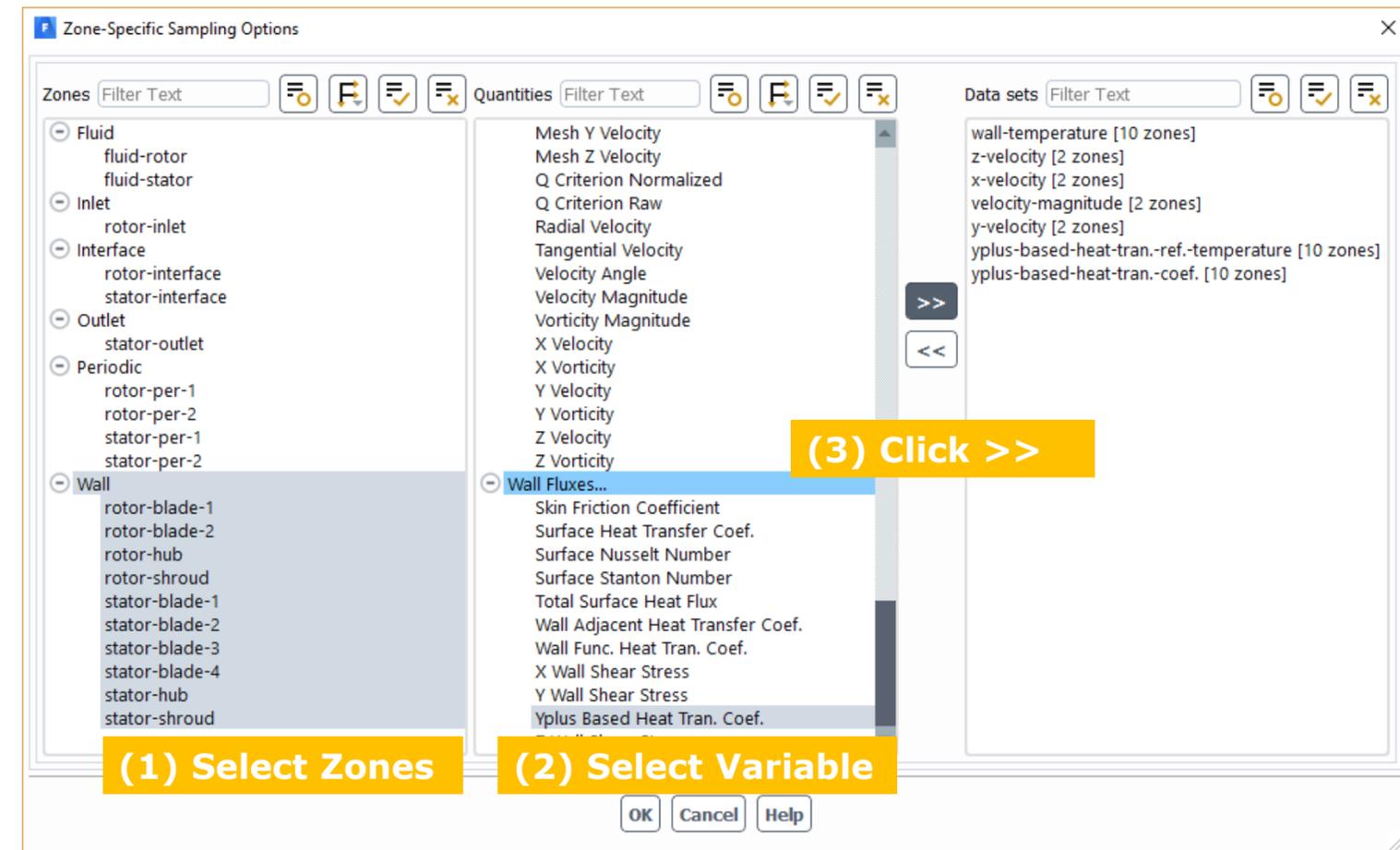
Run Calculation Task Page



The screenshot shows the 'Run Calculation Task Page' interface. It features a 'Solution Processing' section with a 'Statistics' sub-section. In the 'Statistics' section, the checkbox 'Data Sampling for Time Statistics' is checked. Below it, there are two input fields: 'Sampling Interval' with the value '1' and 'Sampled Time (s)' with the value '0'. There are three buttons: 'Sampling Options...', 'Sampling Options (Zone Selection)...' (highlighted with a yellow border), and 'Data File Quantities...'. Below the 'Statistics' section is a 'Solution Advancement' section with a 'Calculate' button.

动态数值解统计 – 基本流程

- 原则上提取的统计数据来自于一个数据集 (Data Set)
- 数据集的组成如下:
 - 有一个或多个域 (可以是单元域也可以是边界域) 用于提取
 - 一个数值解
- 用户可以一次选择多个数值解变量, 但它们会被生成个单独的数据集
- 一个数值解变量可以在网格单元域上做累积或者在边界域上做累积 (不能同时)。



感谢倾听
期待与您的进一步合作~

联系方式

- <https://www.idaj.cn>
- e-mail: support@idaj.cn