

旋转机械 TUDA压气机案例教程

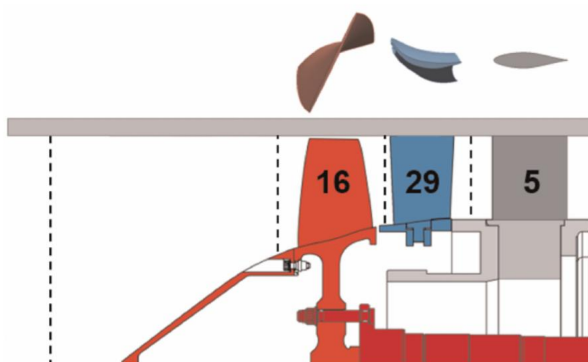
压气机全环整周非定常计算

本案例以一级压气机全环整周计算为例展示了旋转机械算例的全流程分析,用户需重点关注动叶与静叶在交界面处的Dynamic Overset Interface设置,以及动静交界面环形网格切分以提高计算效率等事项。后处理提供了专业的叶轮机械模型工具,如B2B、子午面平均等功能。

1.1 教程简介

TUDa 跨音级压气机主要应用于航空航天和能源领域，尤其是在高性能发动机中。这类压气机设计通常具有高压缩比，适用于超音速或跨音速飞行的发动机，确保稳定的气流压缩和发动机的高效工作。

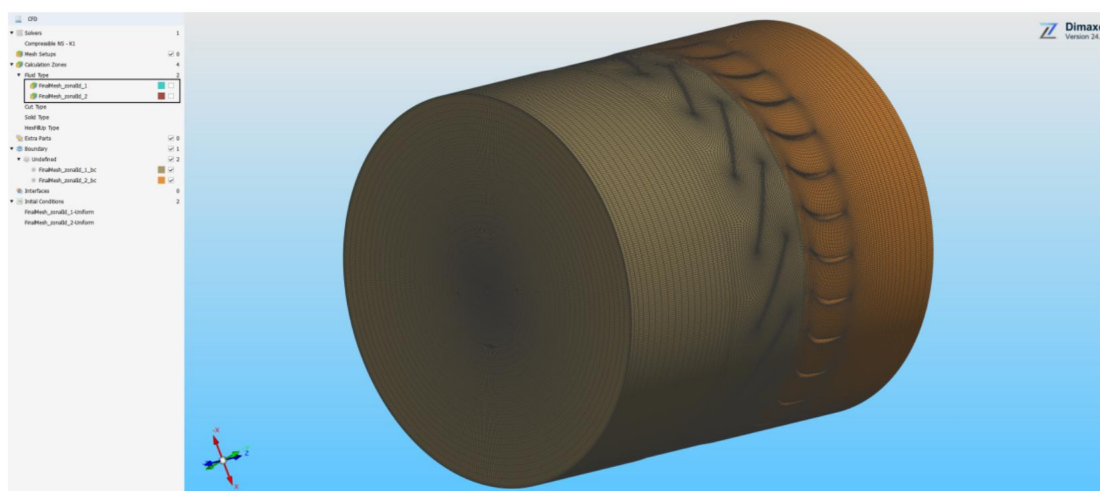
Parameters	Symbols	Values
Rotor tip Mach number	M_t	1.17
Rotor mean aspect ratio	$(r_t - r_h)/c_m$	0.94
Rotor hub-to-tip ratio	r_h/r_t	0.51
Rotor tip gap-to-chord ratio	τ/c_t	0.8%
Rotor tip radius (mm)	r_t	190
Rotor tip chord length (mm)	c_t	94
Rotor design speed (RPM)	N	20000
Stage flow coefficient	ϕ	0.37
Stage loading coefficient	ψ	0.40
Stage mass flow (kg/s)	m	16.0
Stage total pressure ratio	π	1.50
Number of blades	Z	16/29/5



1.2 网络配置

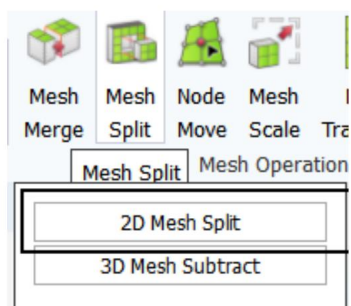
计算域网格设置

计算域包含全环的转子和静子，同时包含进气锥以考虑转子进口坡角的影响，出口延伸 1.5 倍的静子弦长以使尾迹充分掺混。首先导入转子和静子两个计算域。



边界拆分

首先将默认边界上的网格切分，依次点击 Mesh Split-2D Mesh Split，方法使用特征角度，参数设置为 79。



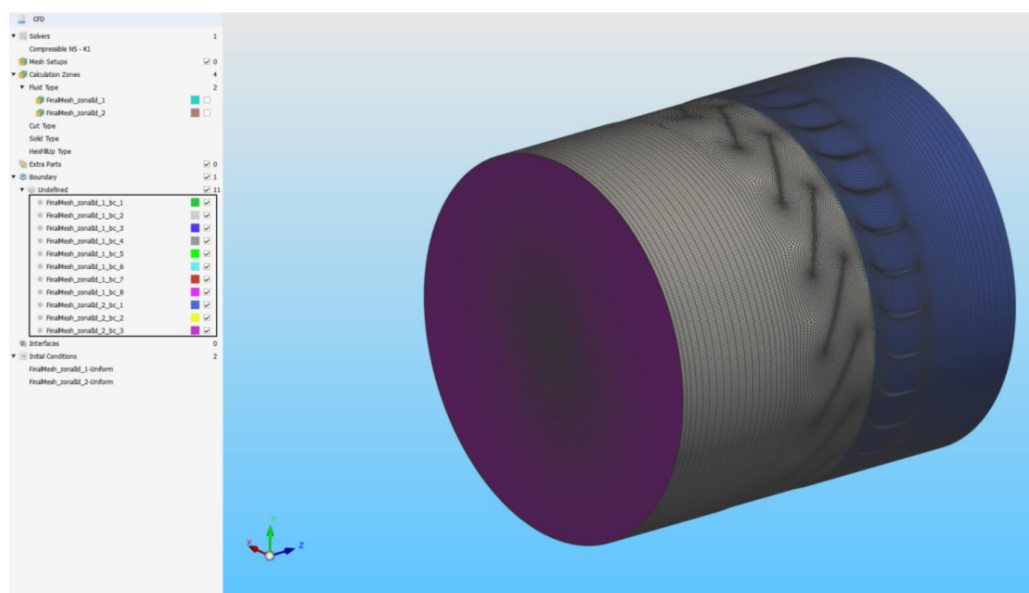
功能选取



参数设置

<https://rankyee1.feishu.cn/wiki/TrmAwspmpipYWvkFduAcPZinnZb>

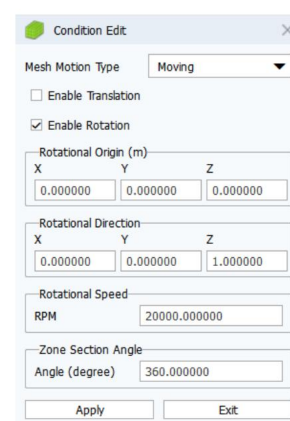
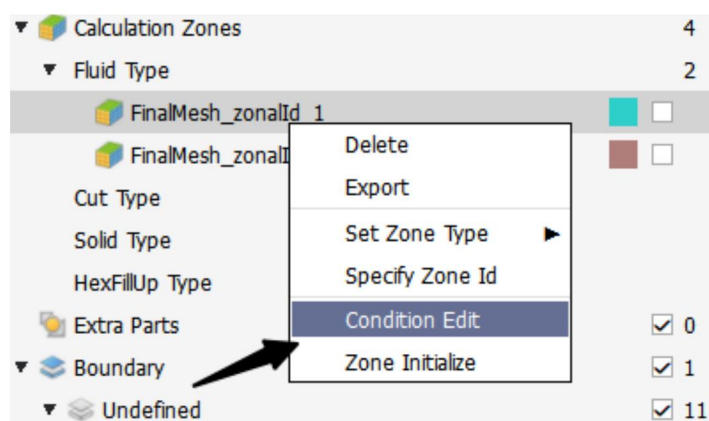
同样的，对静子边界进行切分，至此所有计算域的边界切分完成



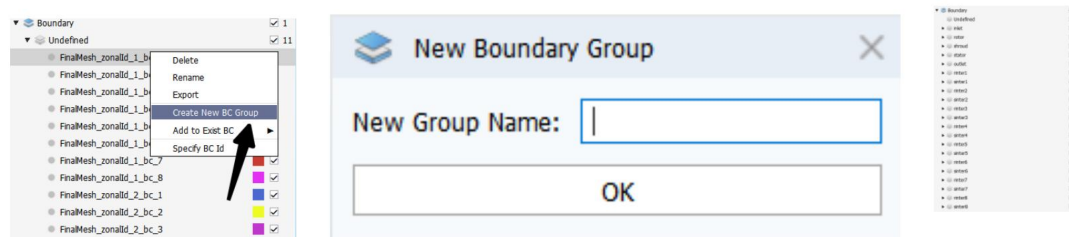
设置边界条件

首先定义计算域的网格运动规则：

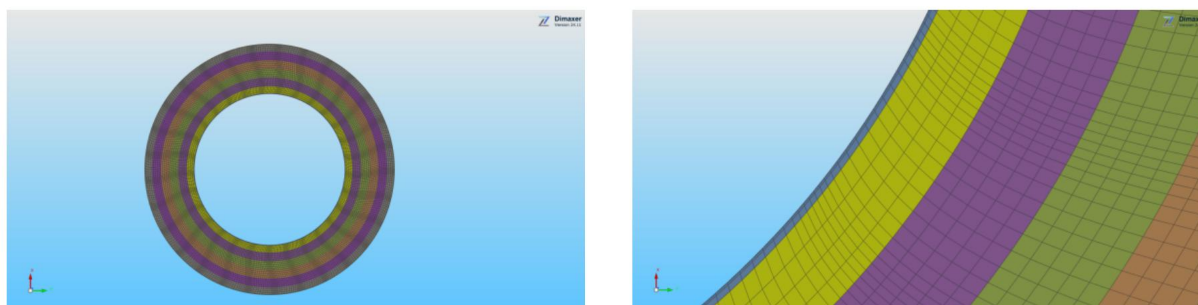
右击转子域，点击 Condition Edit，在弹出的面板中将转子计算域的运动规则定义为旋转，输入旋转轴，依据右手定则输入转速，定义计算域的相位大小，本算例计算域为全环，故输入 360°。



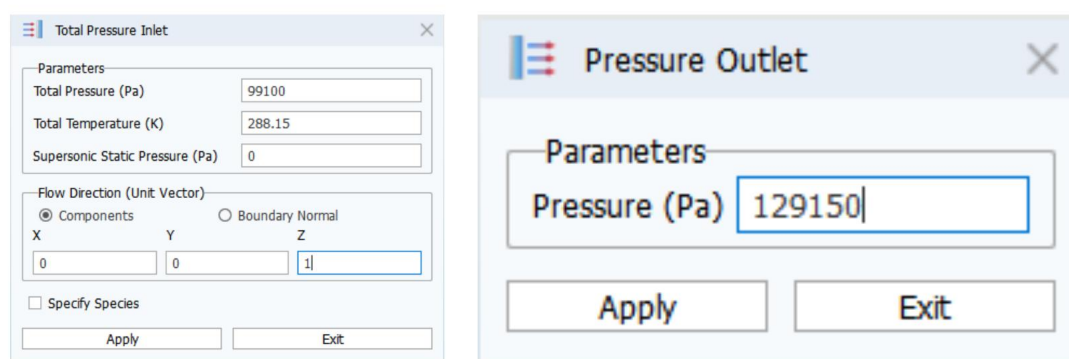
使用总温总压入口：均匀来流轴向进气，总温为 288.15K，总压为 99100Pa；出口为均匀压力出口，选取峰值效率点处的背压，约为 129150Pa；壁面设置为绝热壁面。右击未定义的边界，按照所属的边界条件创建新的边界分组，在弹出的面板中输入边界名称。本案例边界分组如下所示：



需要注意的是：由于本案例存在尺度较小的边界层网格，且动静交界面采用统一的时间步长推进，所以动静交界面的推进时间步长使用当地最小时间步长，这会导致动静交界面上网格尺度相对较大主流区计算缓慢；为提高计算效率，将动静交界面上的网格划分成不同的区域，需要保证不同区域之间在旋转过程中不存在空间位置的干涉，尽量使划分后不同区域的总时间步长相同，效果如图所示：

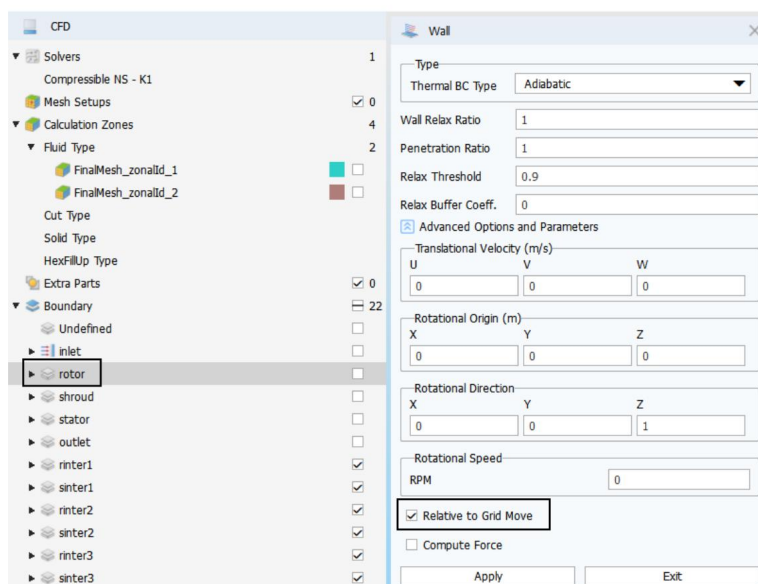


边界条件设置如下：



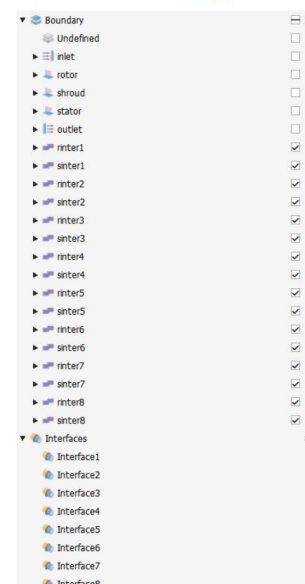
总温总压进口

压力出口



绝热壁面，其中转子域叶片需要在高级设置中勾选

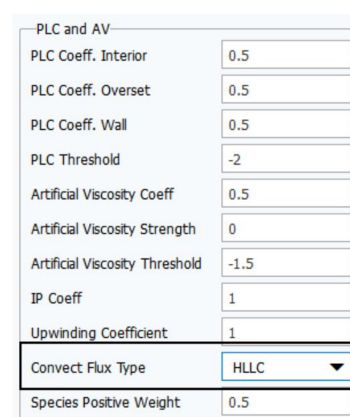
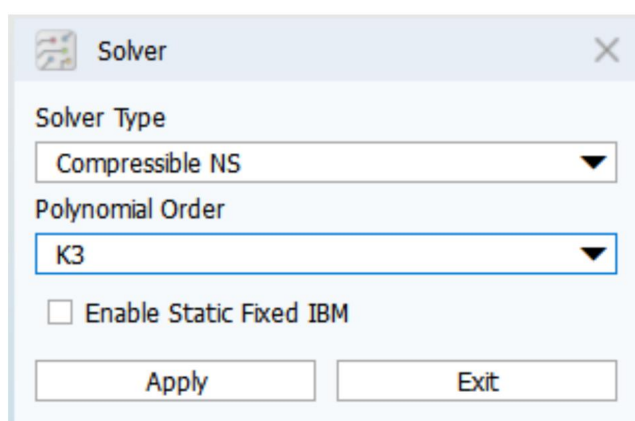
Relative to Grid Move



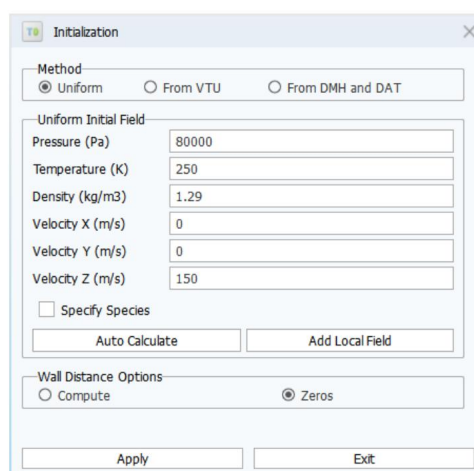
边界条件总览

计算设置

使用 DIMAXER 可压缩求解器，精度选择 K3，工质为理想气体，对流量使用 HLLC。

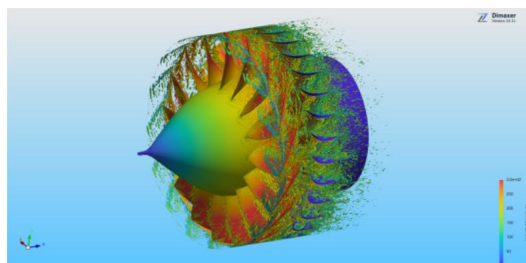


流场初始化使用均匀初场

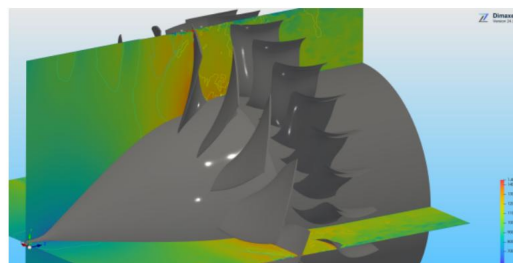


1.3 结果后处理

从均匀初场模拟转子旋转 3 圈，流动基本进入统计稳态，采用 8 张 Nvidia RTX 4090D 显卡计算，共用时约 5.6 天（1089GPU 时）。通过 DIMAXER 后处理 Calculate 处理 Q 值与流场图，可以发现压力等值线在经过动静交界面后没有明显的断裂；同时 DIMAXER 也提供渲染功能，使后处理的效果更加美观。

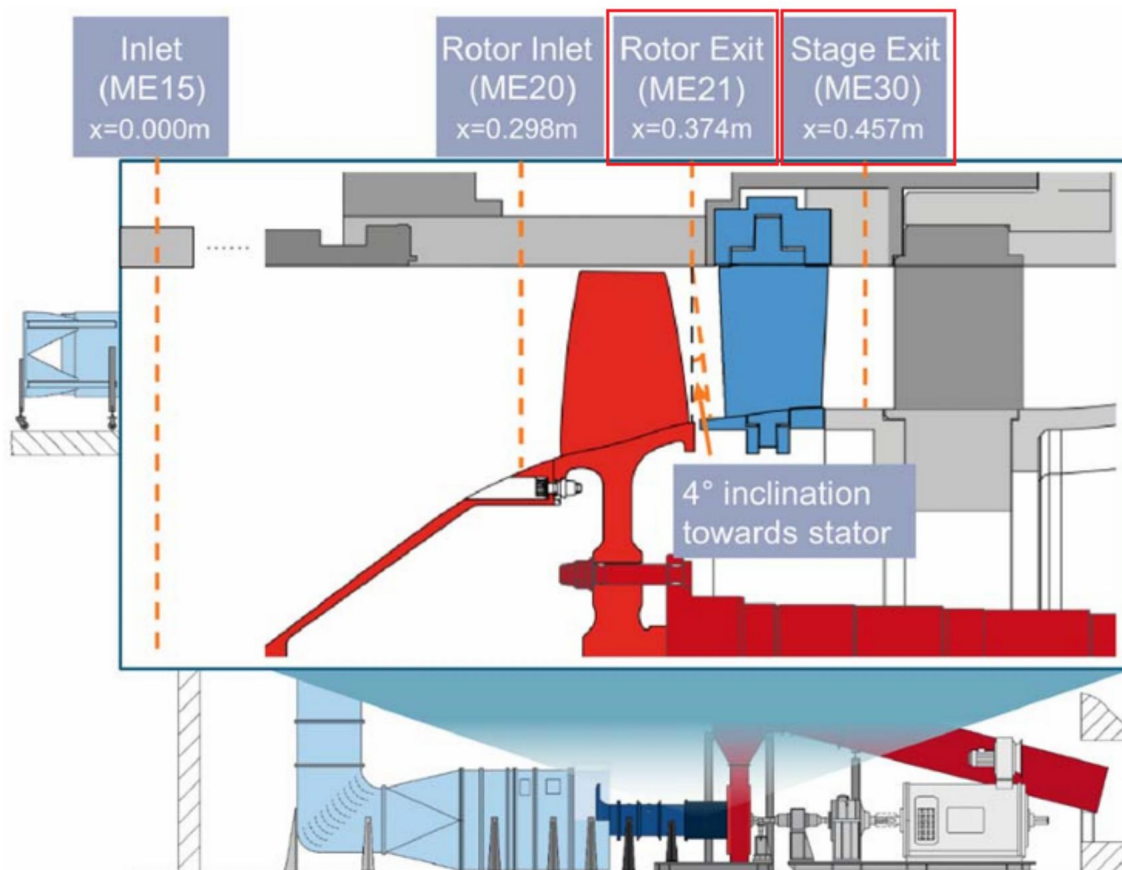


涡量图 ($Q=3.5e8$)

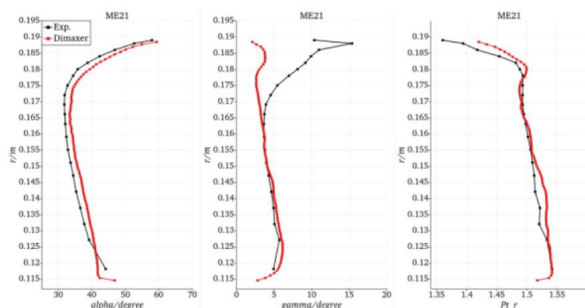


固体边界使用 DIMAXER 渲染

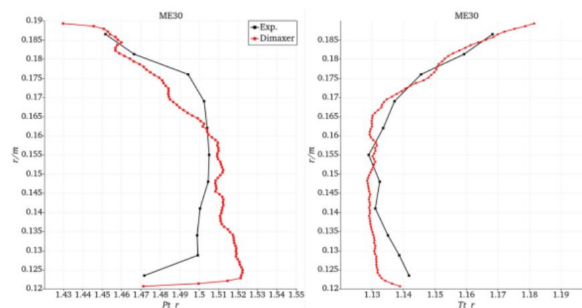
选取与试验相同的测量截面布置数值探针，采用面积平均，得到转子出口 (ME21) 和静子出口 (ME30) 的子午平均流场数据。



转子出口 (ME21) 和静子出口 (ME30) 的子午平均流场数据与试验对比如下, 可以看到转子压比分布同试验吻合较好, 叶尖泄漏损失、静子根部损失相比试验值偏低, 需进一步分析入口边界附面层、叶尖网格量、静子前容腔泄漏、压力出口边界等可能因素的影响, 以及不同求解精度、通量格式、壁面模型、网格密度等对求解结果的影响。



转子出口(ME21)



静子出口(ME30)



扫码申请软件试用

☎ 18915575295

👤 contact@rankyee.com

📍 苏州纳米技术国家大学科技园(二期)A2栋18楼