

跨声速机翼

一般将马赫数介于 0.8 到 1.3 之间的流动定义为跨声速流动，广泛存在于民用航空飞行器领域。此示例旨在对跨声速机翼的空气动力学特性进行模拟仿真，通过此示例用户可以对计算流程和跨声速的参数配置有所了解。

三维

1. 导入网格

点击菜单栏“文件”中的新建项目按钮，打开创建项目弹窗，选择首选项为导入网格，从安装路径下的 mesh 文件夹中选择名为 inviscid_ONERA.su2 的网格文件，设置项目名称和保存路径，点击确认按钮完成项目创建。

图 1 新建项目对话框

2. 物理模型

表 1 物理模型配置

选项	配置	选项	配置										
时间	时间 << x ☐ 瞬态 ☒ 稳态 重置 确认	介质	介质 << x ☐ 液体 ☒ 气体 <table><tr><td>类型</td><td>理想气体</td></tr><tr><td>自由流压强(Pa)</td><td>101325</td></tr><tr><td>自由流温度(K)</td><td>288.15</td></tr><tr><td>气体常数 ($J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$)</td><td>287.058</td></tr><tr><td>比热比</td><td>1.4</td></tr></table> 重置 确认	类型	理想气体	自由流压强(Pa)	101325	自由流温度(K)	288.15	气体常数 ($J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$)	287.058	比热比	1.4
类型	理想气体												
自由流压强(Pa)	101325												
自由流温度(K)	288.15												
气体常数 ($J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$)	287.058												
比热比	1.4												
粘性	粘性 << x ☒ 无粘 ☐ 层流 ☐ Splart-Allmaras ☐ SST K-W 重置 确认	能量	能量 << x ☒ 开启 ☐ 关闭 重置 确认										
重力	重力 << x ☐ 开启 ☒ 关闭 重置 确认												

3. 边界条件

表 2 边界条件设置

边界名称	LOW_SIDE、TIP、UPPER_SIDE	XNORMAL_FACES、YNORMAL_FACES、ZNORMAL_FACES	SYMMETRY_FACE
边界类型	边界类型 << X ☐ 壁面 ☒ 滑移壁面 ☐ 滞流入口 ☐ 速度入口 ☐ 压力入口 ☐ 压力出口 ☐ 对称面 ☐ 远场 重置 确认 边界类型 << X ☐ 壁面 ☐ 滑移壁面 ☐ 滞流入口 ☐ 速度入口 ☐ 压力入口 ☐ 压力出口 ☐ 对称面 ☒ 远场 马赫数 0.8395 攻角 3.06 重置 确认 边界类型 << X ☐ 壁面 ☐ 滑移壁面 ☐ 滞流入口 ☐ 速度入口 ☐ 压力入口 ☐ 压力出口 ☒ 对称面 ☐ 远场 重置 确认		

4. 数值方法

表 3 数值方法配置表

选项	配置	选项	配置
空 间 梯 度		预 处 理 器	
对 流 项		量 子 线 性 求 解 器	

5. 控制参数

表 4 控制参数设置

参数	CFL 数	松弛因子	收敛误差	最大计算步数
配置	25	0.5	0.00001	5000

6. 监测报告

点击新建监测报告按钮，创建名为 Airfoil_Lift 的监测报告，选择报告类型为力系数，选择 UPPER_SIDE 为监测对象，方向为 y，参考面积为 1，此监测报告用于定量分析机翼的升力系数随迭代步的变化关系。点击新建监测报告按钮，创建名为 surface 的监测报告，选择报告类型为面数据，选择 LOW_SIDE、TIP、UPPER_SIDE 为监测对象，此监测报告用于分析机翼表面各物理量变化趋势。

7. 执行计算

点击菜单栏“计算”中的“开始计算”按钮进行计算，计算后端默认选择本地虚拟机，虚拟机集群需手动更改设置，量子计算机将在后续的版本陆续支持。

8. 计算结果

本示例将在计算结果中创建曲线图、马赫数标量图、压强标量图和流线图，以分析机翼的空力学特性和流场分布。将鼠标悬浮于计算结果选项，点击计算结果新建按钮 ，选择绘图类型为曲线图，数据类型为力系数，选中监测报告中创建的名为 Airfoil_Lift 的监测报告为数据源，创建机翼 UPPER_SIDE 的升力系数随迭代步变化的曲线图。

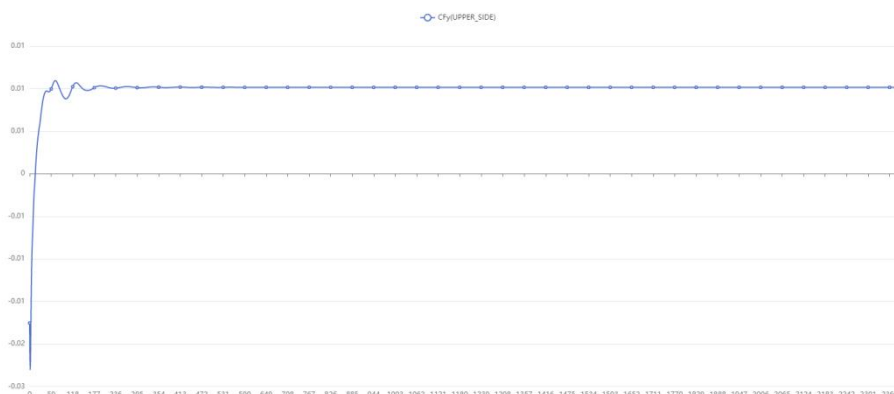


图 2 机翼 UPPER_SIDE 的升力系数随迭代步变化的曲线图

将鼠标悬浮于计算结果选项，点击计算结果新建按钮 ，选择数据来源为面，选择绘图类型为标量图，点击确认按钮，待标量图渲染完成后，在“计算结果”下方单击创建的标量图，即可在视图窗口打开标量图场景。在视图窗口左侧的功能按钮区域，单击属性按钮 ，在视图窗口右上角弹出的属性对话框中，选择物理量为 Pressure_Coefficient，着色范围为-1.2-0.6。



图 3 标量图新建窗口



图 4 标量图属性对话框

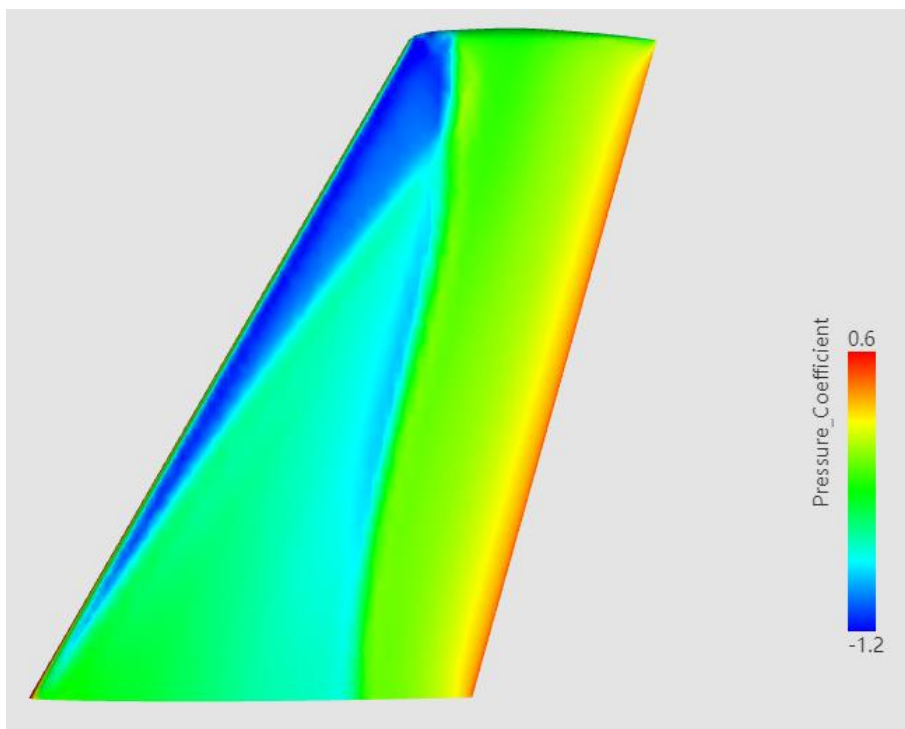


图 5 压强系数标量云图

将鼠标悬浮于计算结果选项，点击计算结果新建按钮  计算结果 ，选择数据来源为面，选择绘图类型为标量图，点击确认按钮，待标量图渲染完成后，在“计算结果”下方单击创建的标量图，即可在视图窗口打开标量图场景。在视图窗口左侧的功能按钮区域，单击属性按钮 ，在视图窗口右上角弹出的属性对话框中，选择物理量为 **Mach**，着色范围为 0.5-1.5。



图 6 标量图新建窗口



图 7 标量图属性对话框

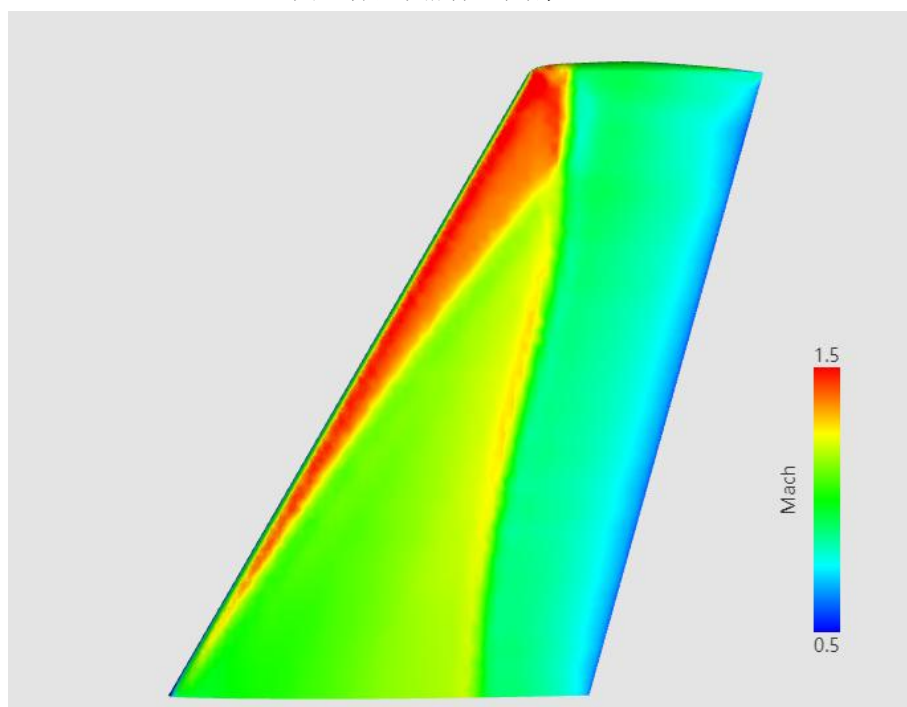
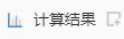


图 8 马赫数标量云图

将鼠标悬浮于计算结果选项，点击计算结果新建按钮 ，选择数据来源为场，选择绘图类型为流线图，选择流体质点布置方式为“点”，分辨率为500，中心为(0,0)，半径为1，点击确认按钮，待流线图渲染完成后，在“计算结果”下方单击创建的流线图，即可在视图窗口打开流线图场景。在视图窗口左

侧的功能按钮区域，单击属性按钮 ，在视图窗口右上角弹出的对话框中，选择物理量为 Pressure，着色范围为 20000-130000。



绘图名称：
pressure

数据
☒ 场 ☐ 面

绘图类型：
流线图

☒ 点 ☐ 线

分辨率	500
中心	0,0
半径	1

图 9 流线图新建窗口



属性 ×

物理量 Pressure

着色范围 20000 ↔ 130000

图 10 流线图属性对话框

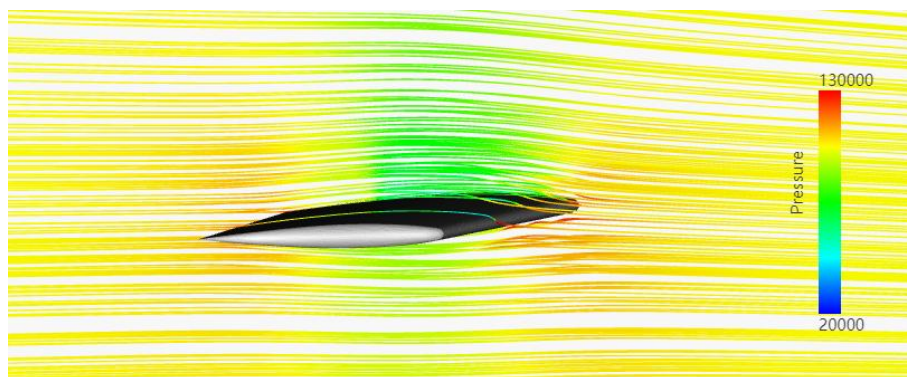


图 11 流线图