高超声速弹头

一般将马赫数大于 5 的流动定义为高超音速流动，广泛存在于中远程弹道导弹等航天领域。此示例旨在对高超音速弹头的气动热特性进行模拟仿真，通过此示例用户可以对计算流程和高超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 hypersonic_3D.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

<table>
<tr><th>选项</th><th>配置</th><th>选项</th><th>配置</th></tr>
<tr><td>时间</td><td>
</td><td rowspan="2">介质</td><td rowspan="2">
</td></tr>
<tr><td>粘性</td><td>
</td></tr>
<tr><td>重力</td><td>
</td><td>能量</td><td>
</td></tr>
</table>

3. 边界条件

表 2 边界条件设置

<table>
<tr><th>边界名称</th><th>farfield</th><th>wall</th><th>symmetry</th></tr>
<tr><td>边界类型</td><td>
</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

4. 数值方法

表 3 数值方法配置

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	10	0.5	0.001	2000

6. 监测报告

点击新建监测报告按钮，创建名为 Avg_Temp_Wall 的监测报告，选择报告类型为温度，选择 wall 为监测对象，此监测报告可以用于定量分析壁面的平均温度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 symmetry 为监测对象，此监测报告可以用于分析对称面的温度变化趋势。

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、温度标量图和温度等值线图，以分析弹体表面和附近温度的变化。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，选择绘图类型为曲线图，数据类型为温度，选中监测报告中创建的名为 Avg_Temp_Wall 的监测报告为数据源，创建表示边界 wall 的平均温度随迭代步变化的曲线图。

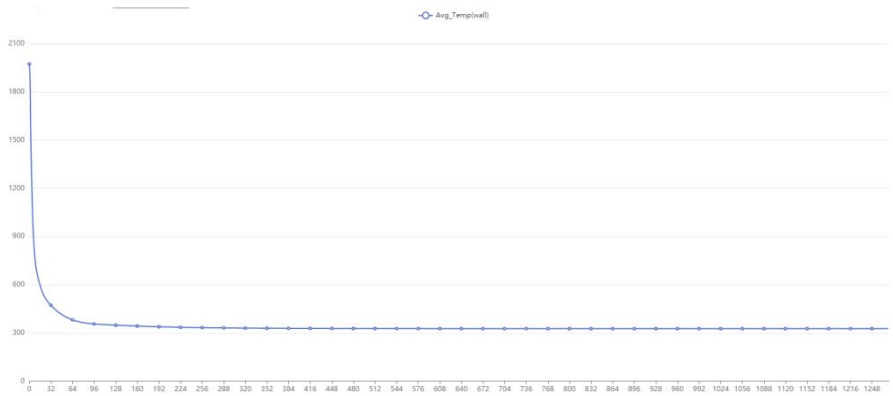

图 2 missile 表面平均温度曲线图

将鼠标悬浮于计算结果选项，点击计算结果新建按钮 计算结果，选择数据来源为场，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对话框中，选择物理量为 Temperature，着色范围为 200-1700。

图 3 标量图新建窗口

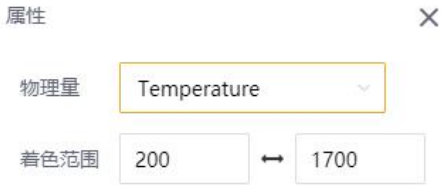

图 4 标量图属性对话窗口

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，选择绘图类型为等值线图，物理量选择 Temperature，范围为 200-1700，采样数为 50，点击确认按钮，待等值线图渲染完成后，在“计算结果”下方单击创建的等值线图，即可在视图窗口打开等值线图场景。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 Temperature，着色范围为 200-1700。

图 5 等值线图创建窗口

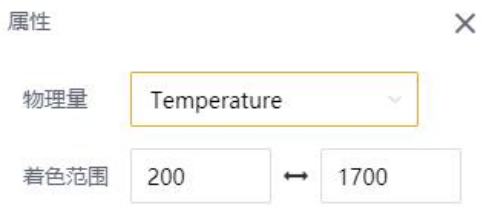

图 6 等值线图属性对话框

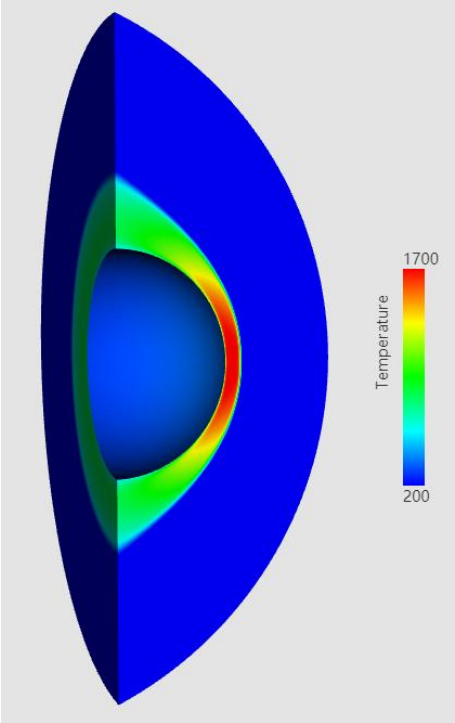

图 7 温度标量云图

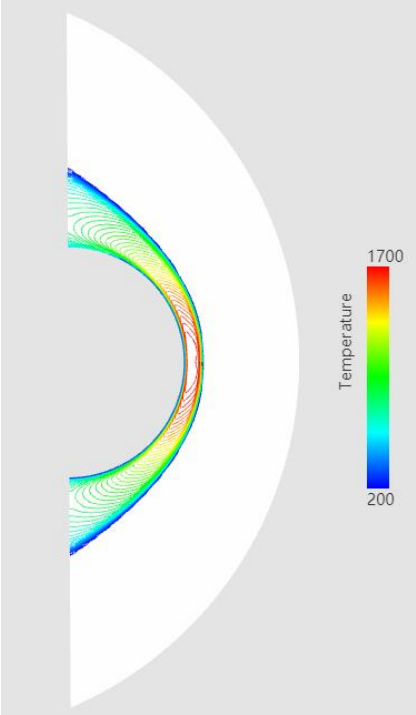

图 8 温度等值线图