


参考资料

1. M. Sajben, J.C. Kroutil, and C.P. Chen, “A High-Speed Schlieren Investigation of Diffuser Flows with Dynamic Distortion”, *AIAA Paper 77-875*, 1977.
 2. T.J. Bogar, M. Sajben, and J.C. Kroutil, “Characteristic Frequencies of Transonic Diffuser Flow Oscillations,” *AIAA Journal*, vol. 21, no. 9, pp. 1232–1240, 1983.
 3. J.T. Salmon, T.J. Bogar, and M. Sajben, “Laser Doppler Velocimetry in Unsteady, Separated, Transonic Flow,” *AIAA Journal*, vol. 21, no. 12, pp. 1690–1697, 1983.
 4. T. Hsieh, A.B. Wardlaw Jr., T.J. Bogar, P. Collins, and T. Coakley, “Numerical Investigation of Unsteady Inlet Flowfields,” *AIAA Journal*, vol. 25, no. 1, pp. 75–81, 1987.
 5. NPARC Alliance Validation Archive, “Sajben Transonic Diffuser: Study #1,”, 2008, <http://www.grc.nasa.gov/WWW/wind/valid/transdif/transdif01/transdif01.html>
 6. NPARC Alliance Validation Archive, “Sajben Transonic Diffuser: Study #2,”, 2008, <http://www.grc.nasa.gov/WWW/wind/valid/transdif/transdif02/transdif02.html>
-




建模操作说明

从文件菜单中选择**新建**。

新建

在**新建**窗口中，单击  **模型向导**。

模型向导

- 1 在**模型向导**窗口中，单击  **二维**。
- 2 在**选择物理场树**中选择**流体流动** > **高马赫数流动** > **湍流** > **高马赫数流动**，**Spalart-Allmaras (hmnf)**。
- 3 单击**添加**。
- 4 单击  **研究**。
- 5 在**选择研究树**中选择**所选物理场接口的预设研究** > **带初始化的稳态**。
- 6 单击  **完成**。

全局定义

参数 1

- 1 在模型开发器窗口的全局定义节点下，单击参数 1。
- 2 在参数的设置窗口中，定位到参数栏。
- 3 在表中输入以下设置：

名称	表达式	值	描述
x0	-6.99809[in]	-0.17775 m	入口 x 位置
xEnd	14.98353[in]	0.38058 m	出口 x 位置
h_in	2.44483[in]	0.062099 m	扩张器入口高度
h_out	2.59830[in]	0.065997 m	扩张器出口高度
h_th	1.732[in]	0.043993 m	喉部高度

- 4 右键单击全局定义 > 参数 1 并选择重命名。
- 5 在重命名 “参数” 对话框中，单击确定。


参数 2

- 1 在主屏幕工具栏中单击 P_i 参数，然后选择添加 > 参数。
- 2 在参数的设置窗口中，定位到参数栏。
- 3 在表中输入以下设置：



名称	表达式	值	描述
Rein	7e5	7E5	入口雷诺数
case	1	1	案例号：1 = 弱激波，2 = 强激波
Min	0.46	0.46	入口马赫数
gamma	1.4	1.4	比热率
Pr	0.72	0.72	普朗特数
Rs	287[J/kg/K]	287 J/(kg·K)	比气体常数
Tin_tot	500[R]	277.78 K	入口总温度
Tin_stat	$Tin_tot/(1+0.5*Min^2*(-1+gamma))$	266.5 K	入口静态温度
pin_tot	19.58[psi]	1.35E5 Pa	入口总压力

名称	表达式	值	描述
pin_stat	$\text{pin_tot}/(1+0.5*\text{Min}^2*(-1+\text{gamma}))^{(\text{gamma}/(-1+\text{gamma}))}$	1.1677E5 Pa	入口静态压力
rho_in	$\text{pin_stat}/\text{Rs}/\text{Tin_stat}$	1.5267 kg/m ³	入口密度
mu_ref	$\text{rho_in}*\text{u_in}*h_in/\text{Re_in}$	2.0387E-5 kg/(m·s)	参考动力黏度
u_in	$\text{Min}*\sqrt{\text{gamma}*\text{Rs}*\text{Tin_stat}+\text{eps}}$	150.53 m/s	入口速度
pOut	$\text{if}(\text{case}==1, 16.05, 0)[\text{psi}]+\text{if}(\text{case}==2, 14.1, 0)[\text{psi}]$	1.1066E5 Pa	出口压力

插值 1 (int1)


- 1 在主屏幕工具栏中单击  函数，然后选择全局 > 插值。
- 2 在插值的设置窗口中，定位到定义栏。
- 3 从数据源列表中选择文件。
- 4 找到函数子栏。在表中输入以下设置：

函数名称	文件中的位置
top_pos	1

- 5 单击  浏览。
- 6 浏览到该 App 的“案例库”文件夹，然后双击文件 sajben_diffuser_upper_wall.txt。
- 7 单击  导入。
- 8 定位到单位栏。在函数表中，输入以下设置：



函数	单位
top_pos	in

插值 2 (int2)


- 1 在主屏幕工具栏中单击  函数，然后选择全局 > 插值。
- 2 在插值的设置窗口中，定位到定义栏。

- 3 从数据源列表中选择文件。
- 4 找到函数子栏。在表中输入以下设置：



函数名称	文件中的位置
ptop_weak	1

- 5 单击  浏览。
- 6 浏览到该 App 的“案例库”文件夹，然后双击文件 sajben_diffuser_ptop_weak.txt。
- 7 单击  导入。


插值 3 (int3)

- 1 在主屏幕工具栏中单击  函数，然后选择全局 > 插值。
- 2 在插值的设置窗口中，定位到定义栏。
- 3 从数据源列表中选择文件。
- 4 找到函数子栏。在表中输入以下设置：



函数名称	文件中的位置
ptop_strong	1

- 5 单击  浏览。
- 6 浏览到该 App 的“案例库”文件夹，然后双击文件 sajben_diffuser_ptop_strong.txt。
- 7 单击  导入。


插值 4 (int4)

- 1 在主屏幕工具栏中单击  函数，然后选择全局 > 插值。
- 2 在插值的设置窗口中，定位到定义栏。
- 3 从数据源列表中选择文件。
- 4 找到函数子栏。在表中输入以下设置：



函数名称	文件中的位置
u_at4611	1

- 5 单击  浏览。
- 6 浏览到该 App 的“案例库”文件夹，然后双击文件 sajben_diffuser_u-xh4611.txt。
- 7 单击  导入。

插值 5 (int5)


- 1 在主屏幕工具栏中单击  函数，然后选择全局 > 插值。
- 2 在插值的设置窗口中，定位到定义栏。
- 3 从数据源列表中选择文件。
- 4 找到函数子栏。在表中输入以下设置：

函数名称	文件中的位置
u_at6340	1

- 5 单击  浏览。
- 6 浏览到该 App 的“案例库”文件夹，然后双击文件 sajben_diffuser_u-xh6340.txt。
- 7 单击  导入。

定义

变量 1



- 1 在主屏幕工具栏中单击  变量，然后选择局部变量。
- 2 在变量的设置窗口中，定位到变量栏。
- 3 在表中输入以下设置：

名称	表达式	单位	描述
CFLnum	if(case==1,CFLweak,0)+ if(case==2,CFLstrong,0)		伪时间步进的 CFL 数
CFLweak	1.3^min(niterCMP-1,9)+ if(niterCMP>25,5* 1.2^min(niterCMP-26,12),0)		CFL 数，弱激波情况
CFLstrong	1+if(niterCMP>10, 1.2^min(niterCMP-10,12),0)+ if(niterCMP>120, 1.3^min(niterCMP-120,9),0)+ if(niterCMP>220, 1.3^min(niterCMP-220,9),0)		CFL 数，强激波情况



强激波的手动 CFL 数表达式对应于湍流计算中自带的表达式。在这种情况下，计算结果已包含一个随出口压力变化而移动的激波，因此需要谨慎增加 CFL 数以获取稳定的解。在弱激波仿真案例中，由于激波尚未形成，因此通过增大 CFL 数的递进幅度可以缩短仿真时间。

几何 1



参数化曲线 1 (pcl)

- 1 在几何工具栏中单击  更多体素，然后选择参数化曲线。
- 2 在参数化曲线的设置窗口中，定位到参数栏。
- 3 在最小值文本框中键入 “x0[1/in]”。
- 4 在最大值文本框中键入 “xEnd[1/in]”。
- 5 定位到表达式栏。在 x 文本框中键入 “s[in]”。
- 6 在 y 文本框中键入 “top_pos(s)”。
- 7 单击  构建选定对象。

多边形 1 (poll)



- 1 在几何工具栏中单击  多边形。
- 2 在多边形的设置窗口中，定位到对象类型栏。
- 3 从类型列表中选择开放曲线。
- 4 定位到坐标栏。从数据源列表中选择矢量。
- 5 在 x 文本框中键入 “x0 x0 x0 xEnd xEnd xEnd”。
- 6 在 y 文本框中键入 “h_in 0 0 0 0 h_out”。
- 7 单击  构建选定对象。

转换为实体 1 (csoll)


- 1 在几何工具栏中单击  转换，然后选择转换为实体。
- 2 单击图形窗口，然后按 Ctrl+A 选择这两个对象。
- 3 在转换为实体的设置窗口中，单击  构建选定对象。



在喷嘴的扩散段添加一个矩形域，用于增加激波所在区域的分辨率。

矩形 1 (r1)

- 1 在几何工具栏中单击  矩形。
- 2 在矩形的设置窗口中，定位到大小和形状栏。
- 3 在宽度文本框中键入 “0.16”。
- 4 在高度文本框中键入 “0.1”。
- 5 定位到位置栏。在 x 文本框中键入 “0.025”。
- 6 单击  构建选定对象。


分割对象 1 (par1)

- 1 在几何工具栏中单击  布尔操作和分割，然后选择分割对象。

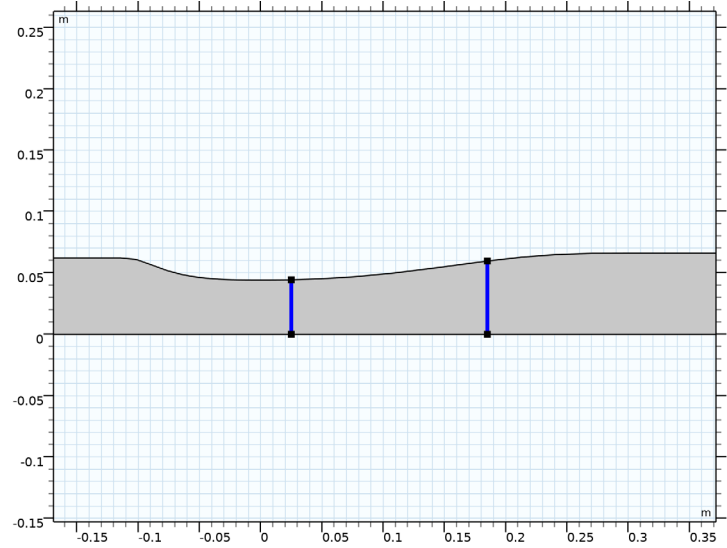
- 2 选择“对象” cs011。
- 3 在分割对象的设置窗口中，定位到分割对象栏。
- 4 找到工具对象子栏。选择  激活选择切换按钮。
- 5 选择“对象” r1。
- 6 单击  构建选定对象。


添加**网格控制边**特征将内部边界指定为网格控制实体。通过这种方式，这些实体可用于控制网格，但在定义物理场和对结果作后处理时，软件会自动忽略这些实体。

网格控制边 1 (mce1)

- 1 在几何工具栏中单击  虚拟操作，然后选择网格控制边。
- 2 在对象 fin 中，选择“边界” 3 和 5。

使用**选择列表**窗口选择边界更便捷。要打开此窗口，在**主屏幕**工具栏中，单击**窗口**并选择**选择列表**。（如果您正跨平台桌面运行，则在主菜单中查找**窗口**。）



- 3 在几何工具栏中单击  全部构建。

高马赫数流动， SPALART-ALLMARAS (HMNF)

流体 1

- 1 在**模型开发器**窗口的**组件 1 (comp1) > 高马赫数流动， Spalart-Allmaras (hmnf)**节点下，单击**流体 1**。
- 2 在**流体的设置**窗口中，定位到**热传导**栏。

- 3 从 k 列表中选择**用户定义**。在关联文本框中键入 “ $\text{hmnf.Cp*hmnf.mu/Pr}$ ”。
此处使用恒定普朗特数来定义传导率。
- 4 定位到**热力学**栏。从 R_s 列表中选择**用户定义**。在关联文本框中键入 “ R_s ”。
- 5 从**指定 C_p 或 γ** 列表中选择**比热率**。
- 6 从 γ 列表中选择**用户定义**。在关联文本框中键入 “ gamma ”。
- 7 定位到**动力黏度**栏。在 μ_{ref} 文本框中键入 “ μ_{ref} ”。
- 8 在 $T_{\mu,\text{ref}}$ 文本框中键入 “ $T_{\text{in_stat}}$ ”。


初始值 1

- 1 在**模型开发器**窗口中，单击**初始值 1**。
- 2 在**初始值的设置**窗口中，定位到**初始值**栏。
- 3 将 u 矢量指定为


u_{in}	x
0	y

- 4 在 p 文本框中键入 “ pin_stat ”。
 - 5 在 n_{utilde} 文本框中键入 “ $\text{subst}(\text{hmnf.nutildeinit},p,\text{pin_stat})$ ”。
- 这可以确保在计算 n_{utilde} 的初始条件时，使用的压力对应于 pin_stat 。
- 6 在 T 文本框中键入 “ $T_{\text{in_stat}}$ ”。

入口 1

- 1 在**物理场**工具栏中单击  **边界**，然后选择入口。
- 2 选择 “边界” 1。
- 3 在入口的**设置**窗口中，定位到**流动属性**栏。
- 4 从**输入状态**列表中选择**总**。
- 5 在 $p_{0,\text{tot}}$ 文本框中键入 “ pin_tot ”。
- 6 在 $T_{0,\text{tot}}$ 文本框中键入 “ $T_{\text{in_tot}}$ ”。
- 7 在 Ma_0 文本框中键入 “ Min ”。


出口 1

- 1 在**物理场**工具栏中单击  **边界**，然后选择出口。
- 2 选择 “边界” 3。
- 3 在出口的**设置**窗口中，定位到**流动条件**栏。
- 4 从**流动条件**列表中选择**亚音速**。

- 5 定位到**流动属性**栏。从**边界条件**列表中选择**压力**。
- 6 在 p_0 文本框中键入 “pOut”。


CFL 数

要应用手动定义的 CFL 数，首先启用**高级物理场选项**。

- 1 在**模型开发器**工具栏中单击  **显示更多选项**按钮。
- 2 在**显示更多选项**对话框中，在树中，选中**物理场** > **高级物理场选项**节点的复选框。
- 3 单击**确定**。
- 4 在**模型开发器**窗口中，单击**高马赫数流动， Spalart-Allmaras (hmnf)**。
- 5 在**高马赫数流动， Spalart-Allmaras**的**设置**窗口中，单击以展开**高级设置**栏。
- 6 从**CFL 数表达式**列表中选择**手动**。
- 7 在 CFL_{loc} 文本框中键入 “CFLnum”。

网格 1

映射 1

在**网格**工具栏中单击  **映射**。

分布 1

- 1 右键单击**映射 1**并选择**分布**。
- 2 选择“边界”4和6。
- 3 在**分布**的**设置**窗口中，定位到**分布**栏。
- 4 从**分布类型**列表中选择**预定义**。
- 5 在**单元数**文本框中键入 “40”。
- 6 在**单元大小比**文本框中键入 “1/4”。

分布 2



- 1 在**模型开发器**窗口中，右键单击**映射 1**并选择**分布**。
- 2 选择“边界”5和7。
- 3 在**分布**的**设置**窗口中，定位到**分布**栏。
- 4 从**分布类型**列表中选择**预定义**。
- 5 在**单元数**文本框中键入 “90”。

分布 3


- 1 右键单击**映射 1**并选择**分布**。
- 2 选择“边界”2和8。

- 3 在分布的**设置**窗口中，定位到**分布**栏。
- 4 从**分布类型**列表中选择**预定义**。
- 5 在**单元数**文本框中键入 “50”。
- 6 在**单元大小比**文本框中键入 “3”。
- 7 选中**反向复选框**。

分布 4

- 1 右键单击**映射 1**并选择**分布**。
- 2 选择 “**边界**” 1 和 3。
- 3 在分布的**设置**窗口中，定位到**分布**栏。
- 4 从**分布类型**列表中选择**预定义**。
- 5 在**单元数**文本框中键入 “25”。
- 6 在**单元大小比**文本框中键入 “2.5”。
- 7 选中**对称分布复选框**。
- 8 单击  **全部构建**。
- 9 在**图形**工具栏中单击  **缩放到窗口大小按钮**。

边界层 1

- 1 在**网格**工具栏中单击  **边界层**。

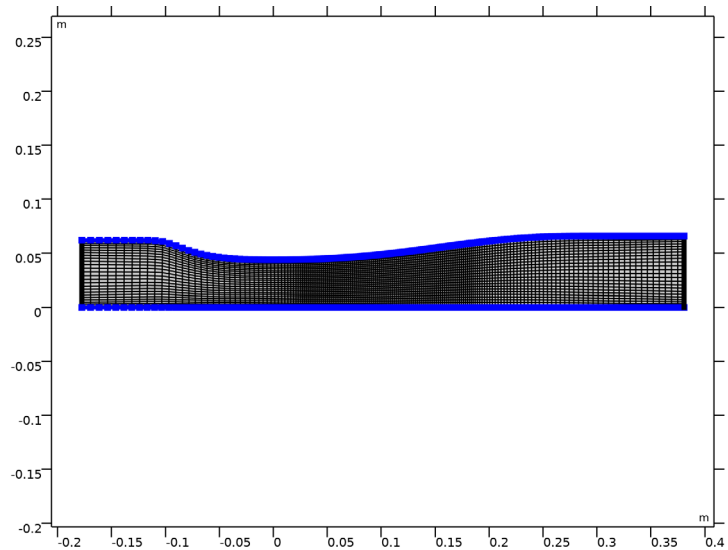
在本例中，边界层与内部网格之间的网格过渡区域由指定的分布显式控制。因此，可以禁用过渡区域的网格平滑默认设置。

- 2 在**边界层**的**设置**窗口中，单击以展开**过渡**栏。
- 3 清除**平滑过渡到内部网格复选框**。

边界层属性

- 1 在**模型开发器**窗口中，单击**边界层属性**。

2 选择“边界” 2、4、6 和 8-10。



3 在边界层属性的设置窗口中，定位到层栏。


4 在层数文本框中键入“20”。

5 在厚度调节因子文本框中键入“0.11”。

6 单击  全部构建。

研究 1

参数化扫描

1 在研究工具栏中单击  参数化扫描。

2 在参数化扫描的设置窗口中，定位到研究设置栏。

3 单击  添加。

4 在表中输入以下设置：

参数名称	参数值列表	参数单位
case (案例号: 1 = 弱激波, 2 = 强激波)	1	

此步骤之后单击计算即可。