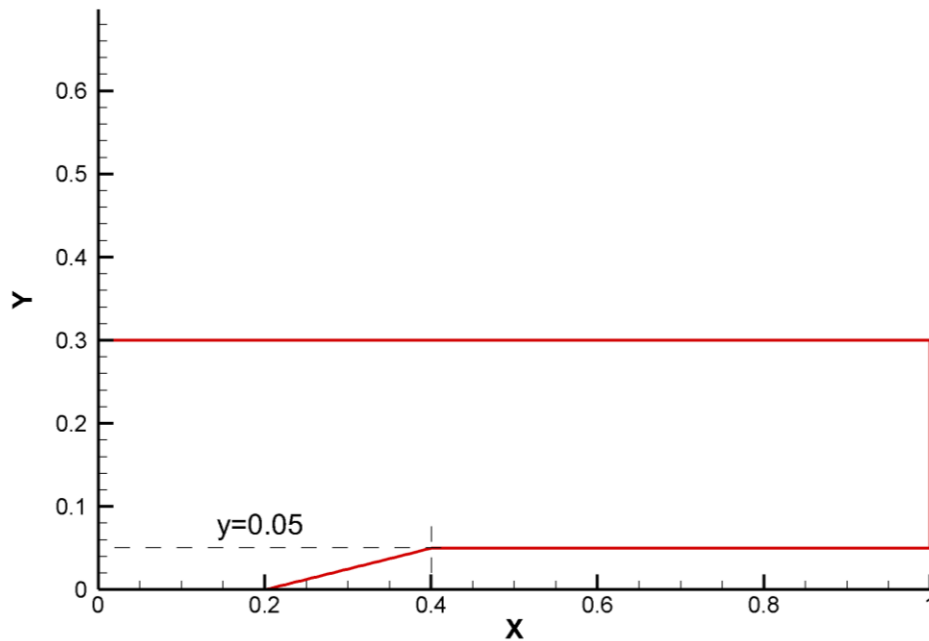


计算流体力学课程大作业—2019 年

1. 模拟对象

二维跨音进气道流动：



流道如图，进口位于 $x=0.0$ ，出口为 $x=1.0$ ，上下为壁面。

要计算的流动条件：

- (1) 进口马赫数~1.8，出口也为超音；
- (2) 进口马赫数~1.5，出口亚音（出口反压自定）。

计算网格要求：X 方向不少于 150 个网格点，Y 方向不少于 50 个网格点。

2. 控制方程

积分形式的二维 Euler 方程组：

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_S \bar{Q} \cdot dS + \oint_{\partial S} \bar{F} \cdot \bar{n} \cdot dl = 0 \quad (1)$$

$$\bar{Q} = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ E \end{bmatrix} \quad \bar{F} = \begin{bmatrix} \rho \bar{V} \\ \rho u \bar{V} + p \bar{i} \\ \rho v \bar{V} + p \bar{j} \\ \rho H \bar{V} \end{bmatrix}$$

其中

$$\bar{V} = u \cdot \bar{i} + v \cdot \bar{j}$$

补充状态方程

$$E = \frac{p}{\gamma - 1} + \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2), \quad \gamma = 1.4$$

3. 控制方程的空间离散

有限体积空间离散控制方程（1）：

$$\frac{\partial}{\partial t} (\bar{Q} \cdot S)_{i,j} + \tilde{F}_{i+\frac{1}{2},j} - \tilde{F}_{i-\frac{1}{2},j} + \tilde{F}_{i,j+\frac{1}{2}} - \tilde{F}_{i,j-\frac{1}{2}} = 0 \quad (2)$$

对流数值通量 \tilde{F} 可采用 Jameson 的中心型格式（二阶、四阶人工粘性方法）、Roe 格式、AUSM 系列的格式等求解。鼓励用 Roe 和 AUSM 这类迎风格式，鼓励采用 MUSCL+限制器的方法获得高阶精度。

4. 控制方程的时间离散及求解

对（2）式如果采用 1 阶单步方法显式时间离散，有

$$\bar{Q}_{i,j}^{n+1} = \bar{Q}_{i,j}^n - \frac{\Delta t_{i,j}}{S_{i,j}} \hat{R}_{i,j}^n$$

其中， $\hat{R}_{i,j} = \tilde{F}_{i+\frac{1}{2},j} - \tilde{F}_{i-\frac{1}{2},j} + \tilde{F}_{i,j+\frac{1}{2}} - \tilde{F}_{i,j-\frac{1}{2}}$ 为残差向量。

时间步长 $\Delta t_{i,j}$ 的计算方法为（当地时间步长）：

$$\Delta t_{i,j} \leq CFL \cdot \frac{S_{i,j}}{(|\bar{V}_{i,j} \cdot \bar{n}_{i,j}^I| + c_{i,j}) \cdot \bar{l}_{i,j}^I + (|\bar{V}_{i,j} \cdot \bar{n}_{i,j}^J| + c_{i,j}) \cdot \bar{l}_{i,j}^J}$$

CFL<1.0。

鼓励采用例如 Runge-Kutta 方法及隐式方法等常用求解算法。

5. 边界条件及初始条件

(1) 根据前面给定的流动条件设置边界条件。

(3) 初始条件可给为均匀流场，X 方向速度由来流马赫数求得，或者给 0 速度初场。

6. 大作业提交要求

(1) 提交源程序的打印稿（字体取六号字、行距取最小行距、取消勾选“如果定义了文档网格，则对齐到网格”）；

(2) 提交整个源程序电子版(发 email 至 buaa_cfd_course@sina.com)；
通知，cfD 第四次作业提交的邮箱更改为 jisuanliutilixue@163.com

(2) 要求绘出马赫数及静压等值线图（可用 Tecplot 绘制）；

(3) 要求给出残差收敛曲线（残差用对数坐标）；

(4) 提交的作业中要给出联系方式；

(5) 8 月 10 日之前交。

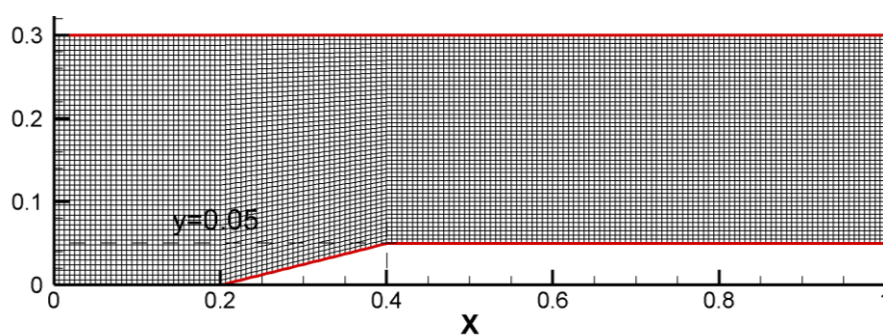
7. 评分规则

分数	规则
0	未交作业、抄袭作业
1	无结果或计算结果存在显著问题，不认真对待大作业
2	计算结果存在显著问题，但进行了仔细分析及解决问题的尝试
3	计算结果存在小问题但基本正确
4	空间精度达到一阶，计算结果正确；或计算结果存在小问题但

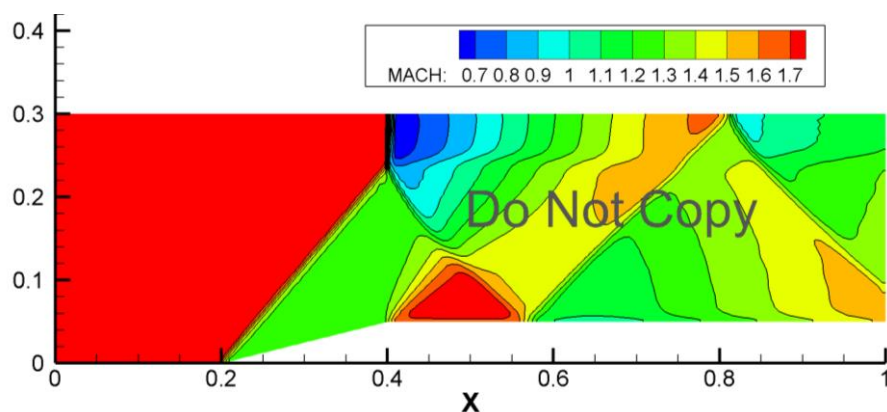
	基本正确，并且分析认真到位
5	空间精度达到二阶，计算结果正确，分析认真到位

另：被抄袭作业者，一经查出，评分降一档

结果示意：



计算网格



进口超音（ $M=1.8$ ）、出口超音时的马赫数分布