

《计算空气动力学》 大作业

SX1501021 仓宇

2016 年 7 月 6 日

目录

1	问题描述	2
2	问题分析	2
2.1	基本方程	2
2.2	空间离散	3
2.3	时间离散	3
2.4	人工耗散	3
3	编程实现	3
3.1	数据存储结构	3
3.2	程序流程	3
4	结果分析	3
4.1	Ma=0.3	3
4.2	Ma=0.8	3
4.3	Ma=1.2	3
5	总结	3

1 问题描述

求解无粘条件下NACA0012翼型的2维平面流场。流场网格是由三角形单元组成的非结构网格，使用有限体积方法求解流场的2维Euler方程。网格文件为data文件夹下的naca0012.grd文件。全流场的网格如下左图所示，右图是翼型周围的网格：

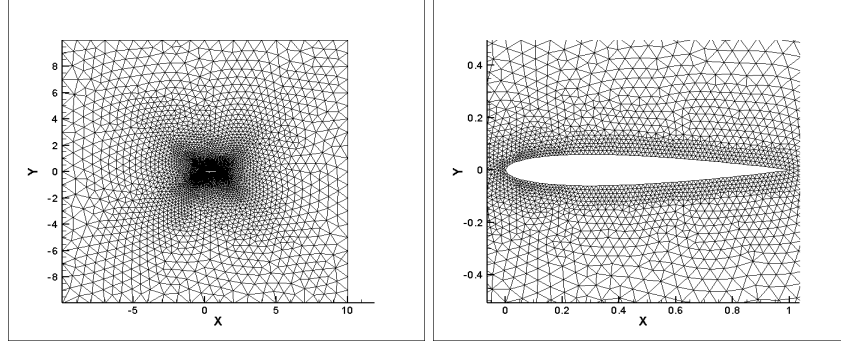


图 1: 用于NACA0012翼型的非结构网格

2 问题分析

本文采用Jameson中心格式来求解二维Euler方程。在空间离散上采用的是有限体积法，时间上采用的是四步显式Runge-Kutta迭代求得最后的定常解。人工耗散项为守恒变量的二阶和四阶差分。边界条件采用的是无反射边界条件，并采用当地时间步长进行加速收敛。

2.1 基本方程

由于不考虑粘性，二维NS方程可简化为Euler方程。欧拉方程是质量，动量，能量守恒定理的表达。在边界为S，面积为 Ω 的二维区域，方程可以写成以下形式：

$$\frac{\partial}{\partial t} \iint_{\Omega} W d\Omega + \int_S (F dy - G dx) = 0 \quad (1)$$

其中， x, y 是笛卡尔坐标， W 是守恒量矢量， F, G 是流动矢量，具体形式如下：

$$W = \begin{bmatrix} \rho & \rho U & \rho V & \rho E \end{bmatrix}^T \quad (2)$$

$$F = \begin{bmatrix} \rho U & \rho U^2 + P & \rho UV & \rho UH \end{bmatrix}^T \quad (3)$$

$$G = \begin{bmatrix} \rho V & \rho UV & \rho V^2 + P & \rho VH \end{bmatrix}^T \quad (4)$$

ρ, P, H, E 分别是密度，压强，单位质量总焓和单位质量总能量； U, V 是速度矢量的笛卡尔坐标系下的分量。这些变量之间的关系如下：

$$\rho E = P/(\gamma - 1) + \rho(U^2 + V^2)/2 \quad (5)$$

$$\rho H = \rho E + P \quad (6)$$

2.2 空间离散

计算区域被划分为有限数量的非重叠单元，并且积分形式的守恒方程应用到每个单元。因为考虑到时间，任何单元的体积都可视作常数，

2.3 时间离散

2.4 人工耗散

3 编程实现

3.1 数据存储结构

3.2 程序流程

4 结果分析

4.1 $Ma=0.3$

4.2 $Ma=0.8$

4.3 $Ma=1.2$

5 总结