

二维结构圆柱高超声速绕流(熵修正) (结构网格)

1 算例概述

基于结构网格的二维结构圆柱高超声速绕流数值模拟,考核结构解算器新添6号熵修正方法的基本性能。

测试环境: 串行。

- [1]. 赵钟, 等. 通用 CFD 软件 PHengLEI 设计[J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(2): 210-219. (Zhao Z, et al. Design of general CFD software PHengLEI [J]. Computer Engineering & Science, 2020, 42(2): 210-219. (in Chinese))
- [2]. 赵钟, 等. 适用于任意网格的大规模并行 CFD 计算框架 PHengLEI[J]. 计算机学报, 2018, 42(11): 2368-2383. (Zhao Z, et al. PHengLEI: A Large Scale Parallel CFD Framework for Arbitrary Grids [J]. Chinese Journal of Computers, 2018, 42(11): 2368-2383. (in Chinese))

2 计算条件

| | | | | |
|------|---------|------|------|---------|
| 马赫数 | 单位长度雷诺数 | 攻角 | 侧滑角 | 来流温度 |
| 10.0 | 1.835e5 | 0 | 0 | 293.0 |
| 壁面 | 参考展长 | 参考长度 | 参考面积 | 参考点 |
| 绝热壁面 | 1 | 1 | 1 | (0,0,0) |

3 计算网格

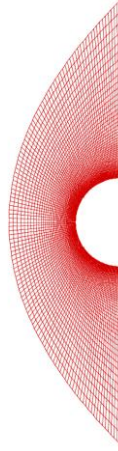


图 1 计算网格

二维圆柱结构网格如图 1 所示。网格单元总数为 7200。

4 参数设置

4.1 网格转换

网格转换：key.hypara + grid_para.hypara

命令：在可执行程序位置 shift+鼠标右键点击“在此处打开命令窗口”

输入 `mpiexec -n 1 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行网格转换

| 文件 | 参数 | 值 | 备注 |
|------------------|--------------------|-------------------------|---------|
| key.hypara | ndim | 2 | 空间维数 |
| | nsimutask | 1 | 任务类型 |
| | parafilename | "/bin/grid_para.hypara" | 参数文件路径 |
| grid_para.hypara | gridtype | 1 | 网格类型 |
| | nAxisRotateTimes | 0 | 坐标轴旋转次数 |
| | axisRotateOrder[] | [1, 2, 3] | 坐标轴旋转顺序 |
| | axisRotateAngles[] | [0.0, 0.0, 0.0] | 坐标轴旋转角度 |

| | | | |
|--|------------|-----------------------|----------|
| | from_gtype | 3 | 输入网格数据类型 |
| | from_gfile | "./grid/cylinder.grd" | 输入网格路径 |
| | out_gfile | "./grid/cylinder.fts" | 输出网格路径 |

4.2 CFD 计算

CFD 计算: key.hypara + cfd_para_supersonic.hypara

命令: 在可执行程序位置 shift+鼠标右键点击“在此处打开命令窗口”

输入 `mpiexec -n 1 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行计算

| 文件 | 参数 | 值 | 备注 |
|------------|-------------------------------|--|---------|
| key.hypara | ndim | 2 | 空间维数 |
| | nsimutask | 0 | 任务类型 |
| | parafilename | "./bin/ cfd_para_ supersonic.hyp ara" | 参数文件路径 |
| | maxSimuStep | 10000 | 迭代计算步数 |
| | intervalStepFlow | 500 | 流场输出间隔 |
| | intervalStepPlot | 500 | 可视化输出间隔 |
| | intervalStepForce | 50 | 气动力输出间隔 |
| | intervalStepRes | 10 | 残差输出间隔 |
| | refMachNumber | 10.0 | 来流马赫数 |
| | attackd | 0.0 | 攻角 |
| | angleSlide | 0.0 | 侧滑角 |
| | inflowParaType | 0 | 来流条件 |
| | refReNumber | 1.835e5 | 来流单位雷诺数 |
| | refDimensional Temperature | 293 | 来流温度 |

| | | | |
|--|------------------------------|---------|------------------------|
| cf_d_para_ supersonic. hypara | gridScaleFactor | 1.0 | 网格缩放比 |
| | forceReferenceLengthSpanWise | 1.0 | 参考展长 |
| | forceReferenceLength | 1.0 | 参考长度 |
| | forceReferenceArea | 1.0 | 参考面积 |
| | TorqueRefX | 0.0 | 参考坐标 |
| | TorqueRefY | 0.0 | |
| | TorqueRefZ | 0.0 | |
| | viscousType | 1 | NS 方程类型 |
| | viscousName | laminar | 粘性类型 |
| | roeEntropyFixMethod | 6 | 熵修正 |
| | roeEntropyScale | 1.0 | (相关参数) |
| | string inviscidSchemeName | roe | 结构网格： 空间离散格式 限制器 |
| | string str_limiter_name | minvan | |
| | uns_limiter_name | vencat | 非结构网格： 限制器 限制器系数 |
| | venkatCoeff | 0.5 | |
| | Iunsteady | 0 | 定常计算 |
| | CFLStart | 0.1 | 起始库朗数 |
| | CFLend | 20.0 | 终止库朗数 |
| | CFLVaryStep | 100 | 变 CFL 数步数 |
| | nMGLevel | 1 | 多重网格数 |
| | flowInitStep | 100 | 流场初始化步数 |
| | plotFieldType | 0 | 全流场输出 |
| | nVisualVariables | 8 | 可视化流场 变量输出 |
| visualVariables[] | [0, 1, 2, 3,4, 5, 6, 15] | | |
| reconmeth | 0 | 通量计算限制器 | |
| limitVariables | 0 | | |

| | | | |
|--|-------------|---|--------|
| | limitVector | 1 | (相关参数) |
|--|-------------|---|--------|

5 计算结果

5.1 残差气动力收敛及表面压力分布曲线

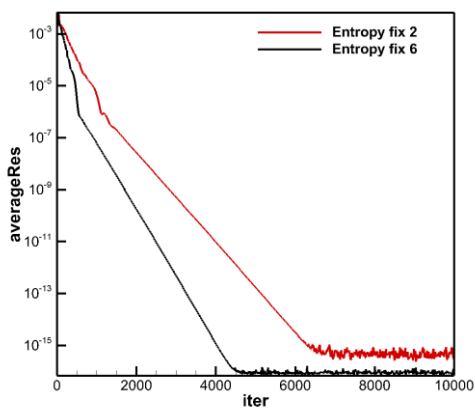


图1 熵修正2、熵修正6两种方式残差收敛历程对比

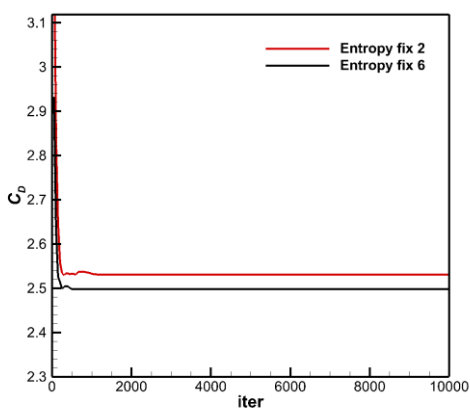


图2 熵修正2、熵修正6两种方式阻力系数计算历程对比

6 结论

二维结构圆柱高超声速绕流计算结果表明：新开发的6号熵修正

明显快于 2019 年开发的 2 号熵修正 (约快 1.5 倍), 阻力相差约 1%

PHENGGLET