

# 二维平板低速湍流计算（结构网格）

## 1 算例概述

基于结构网格的二维平板低速湍流数值模拟，考核结构解算器对二维低速湍流问题的模拟能力。

测试环境：4核并行。

- [1]. 赵钟, 等. 风雷 (PHengLEI) 通用 CFD 软件设计 [J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(2): 210-219. (Zhao Zhong, 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, 2019, 42(11): 2368-2383. (Zhao Zhong, et al. PHengLEI: A Large Scale Parallel CFD Framework for Arbitrary Grids [J]. Chinese Journal of Computers, 2019, 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
0.2	5e6	0	0	300
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

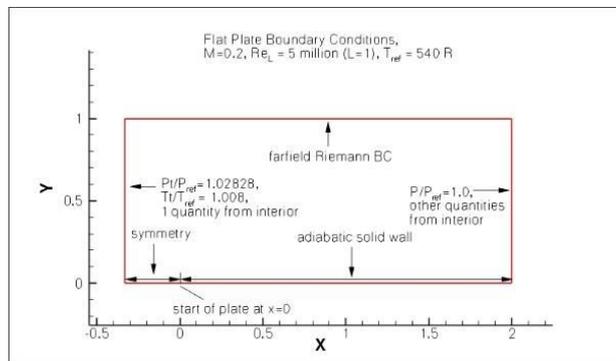


图 1 计算网格

平板结构网格如图 1 所示。网格单元总数为 208896。

## 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/mesh0_545x385_plate.g rd"	输入网格路径
	out_gfile	"/grid/mesh0_545x385_plate.ft s"	输出网格路径

### 4.2 网格分区

网格分区：key.hypara + partition.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` 进行网格分区

文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	2	空间维数
	nsimutask	3	参数类型
	string parafilename	"/bin/partition.hypara"	相应参数文件路径
partition.hypara	int pgridtype	1	网格类型
	int macproc	4	分区数
	string original_grid_file	"/grid/mesh0_545x385_plate.fts"	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	"/grid/mesh0_545x385_plate__4.fts"	分区前网格文件路径
	int numberOfMultigrid	1	多重计算分区

### 4.3 CFD 计算

CFD 计算: key.hypara + cfd\_para\_subsonic.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 4 ./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_subsonic.hypara"	参数文件路径
	maxSimuStep	100000	迭代计算步数
	intervalStepFlow	2000	流场输出间隔
	intervalStepPlot	2000	可视化输出间隔
	intervalStepForce	200	气动力输出间隔
	intervalStepRes	20	残差输出间隔
	refMachNumber	0.2	来流马赫数
	attackd	0.0	攻角

<b>cf_d_para_</b> <b>transonic.hypar</b> <b>a</b>	angleSlide	0.0	侧滑角
	inflowParaType	0	来流条件
	refReNumber	5e6	来流单位雷诺数
	refDimensional Temperature	300	来流温度
	gridScaleFactor	1.0	网格缩放比
	forceReferenceLengthSpan Wise	1.0	参考展长
	forceReferenceLength	1.0	参考长度
	forceReferenceArea	1.0	参考面积
	TorqueRefX TorqueRefY TorqueRefZ	0.0 0.0 0.0	参考坐标
	viscousType viscousName	3 SA	NS 方程类型 粘性类型
	roeEntropyFixMethod roeEntropyScale	3 1.0	熵修正 (相关参数)
	string str_limiter_name	smooth	限制器
	double MUSCLCoefXk	0.333333	MUSCL 插值
	iunsteady CFLEnd nLUSGSSweeps	0 40.0 5	定常计算 终止库朗数 LUSGS 扫描步数
	nMGLevel	1	多重网格数
	flowInitStep	100	流场初始化步数
	plotFieldType	0	流场仅输出边界
	nVisualVariables	10	可视化流场
	visualVariables[]	[0, 1, 2, 3,4, 5, 6, 7, 8,	变量输出

		15]	
	reconmeth	1	通量计算限制器 (相关参数)
	limitVariables	0	
	limitVector	0	

#### 4.4 边界条件

计算时需要对 bin 文件夹中的 boundary\_condition.hypara 文件进行边界参数修改，修改入流边界条件，如图 2 所示：

```
int nBoundaryConditions = 5;
string bcName = "SOLID_SURFACE";
{
  int bcType = 2;
}
string bcName = "SYMMETRY";
{
  int bcType = 3;
}
string bcName = "FARFIELD";
{
  int bcType = 4;
}
string bcName = "INFLOW";
{
  int bcType = 52;
  double totalPressure = 118309.784;
  double totalTemperature = 302.4;
  double direction_inlet[] = 1, 0, 0;
}
string bcName = "OUTFLOW";
{
  int bcType = 62;
  double staticPressure = 115056.0;
}
```

图 2 boundary\_condition.hypara 文件修改

## 5 计算结果

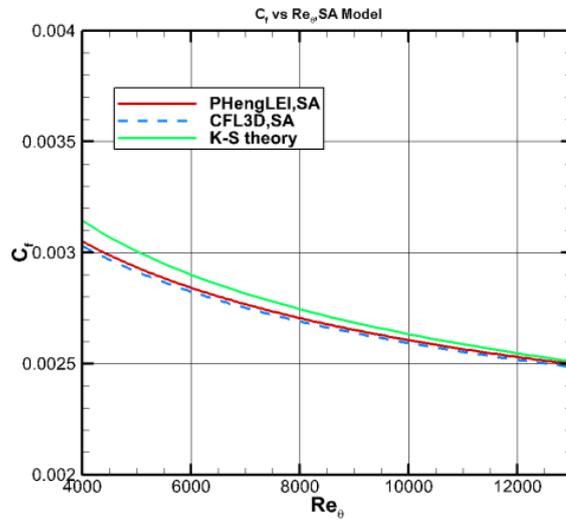


图3 表面摩擦系数

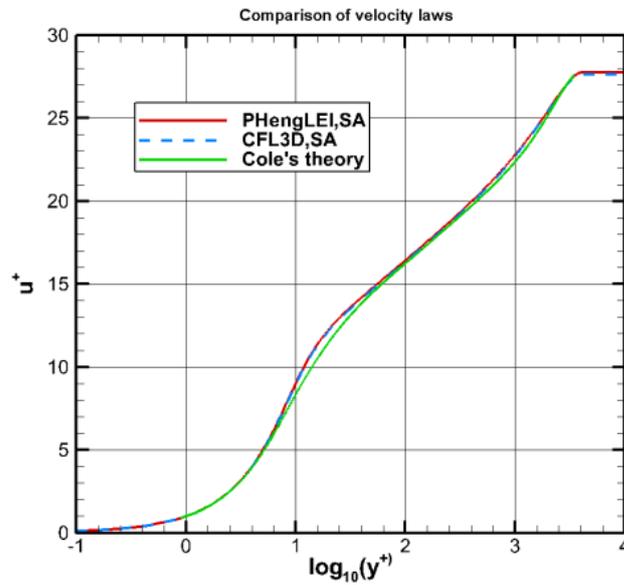


图4  $Re_\theta=10000$  时  $u^+$  相对  $\log_{10}(y^+)$  的变化

## 6 结论

由图3及图4可知，SA湍流模型下，PHengLEI的计算结果与

CFL3D 接近。

PHENGGLET