

三维超声速层流平板算例（结构网格计算）

1 算例概述

该算例主要用于验证风雷软件^[1,2]自定义边界，同时考察结构解算器对超声速层流平板激波/边界层相互干扰的模拟能力。

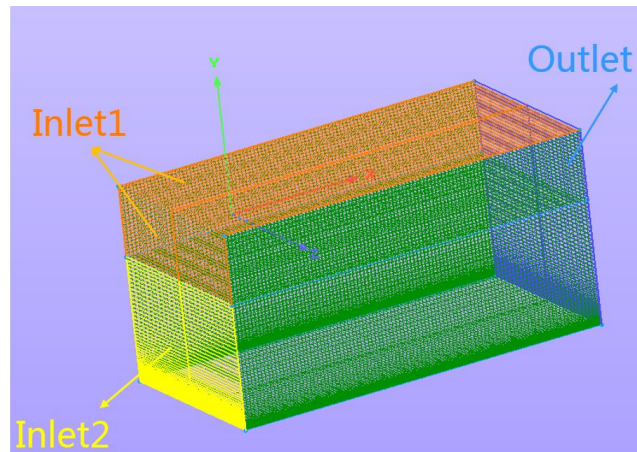
测试环境：单核串行。

- [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
2.00	2.96e5	0	0	117
壁面	参考展长	参考长度	参考面积	参考坐标
绝热壁面	1	1	1	(0,0,0)

3 计算网格



边界条件包括两个入口边界 Inlet1（自定义入口边界）和 Inlet2、出口边界、固壁边界及对称边界。

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	3	空间维数
	nparafilename	1	参数文件个数
	nsimutask	1	参数类型
	string parafilename =	"/bin/grid_para.hypara"	相应参数文件路径
grid_para.hypara	int gridtype	1	网格类型
	axisup	1	坐标方向
	int from_gtype	2	输入网格类型
	string from_gfile	"/grid/ 3D_plate_UDB_str.cgns"	指定输入网格路径
	string out_gfile	"/grid/ 3D_plate_UDB_str.fts"	指定输出格路径

网格转换完成后，grid 文件夹中会生成名为 3D_plate_UDB_str_0.fts 的.fts 格式网格文件。

4.2 边界条件

在网格转换操作结束需要对 bin 文件夹中新生成的

boundary_condition.hypara 文件进行边界参数修改，添加自定义边界类型及参数；图 1 和图 2 分别为 boundary_condition.hypara 文件自定义入口边界（Inlet1）修改参数前后的效果。

```
int nBoundaryConditions = 5;
string bcName = "Wall";
{
    string bodyName = "body";
    int bcType = 2;
}
string bcName = "Symmetry";
{
    int bcType = 3;
}
string bcName = "Inlet1";
{
    int bcType = 5;
}
string bcName = "Inlet2";
{
    int bcType = 5;
}
string bcName = "Outlet";
{
    int bcType = 6;
}
```

图 1 修改前的 boundary_condition.hypara 文件

```
int nBoundaryConditions = 5;
string bcName = "Wall";
{
    string bodyName = "body";
    int bcType = 2;
}
string bcName = "Symmetry";
{
    int bcType = 3;
}
string bcName = "Inlet1";
{
    int bcType = 5;
    int inflowParaType = 9;
    double primDensity = 1.129985;
    double primU = 0.9666364;
    double primV = -0.052199312;
    double primW = 0;
    double primPressure = 0.2119350;
}
string bcName = "Inlet2";
{
    int bcType = 5;
}
string bcName = "Outlet";
{
    int bcType = 6;
}
```

图 2 修改后的 boundary_condition.hypara 文件

注：关于更多其它自定义边界相关参数设置可参照 examples/bin 这个路径下的 boundary_condition.hypara 文件。

4.3 CFD 计算

CFD 计算：

key.hypara + cfd_para_supersonic.hypara+boundary_condition.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	3	空间维数
	nparafile	1	参数文件个数
	nsimutask	0	参数类型
	string parafilename =	"/bin/cfd_para_supersonic.hypara"	计算参数文件路径
boundary_condition.hypara	-	-	采用网格转换后修改好的文件
cfd_para_supersonic.hypara	maxSimuStep	10000	迭代计算步数
	intervalStepFlow	1000	流场文件步数
	intervalStepPlot	1000	可视化输出步数
	intervalStepForce	100	气动力输出步数
	intervalStepRes	10	残差输出步数
	refMachNumber	2.00	来流马赫数
	attackd	0.00	来流攻角
	angleSlide	0.00	侧滑角
	refReNumber	2.96e5	来流单位雷诺数
	refDimensionalTemperature	117	来流温度
	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 TorqueRefY TorqueRefZ	0.0 0.0 0.0	参考坐标
viscousType	1	NS 方程类型	

viscousName	laminar	粘性类型
string str_scheme_name string str_limiter_name	roer minvan	结构网格: 空间离散格式 限制器类型
string uns_limiter_name double venkatCoeff	-	非结构网格: 限制器类型 限制器系数
iunsteady	0	定常/非定常计算
CFLEnd	30.0	CFL 终止步
nMGLevel	1	多重网格数

5 结论

PHENGLER