

三维弹体喷流算例（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三维导弹喷流的计算能力。

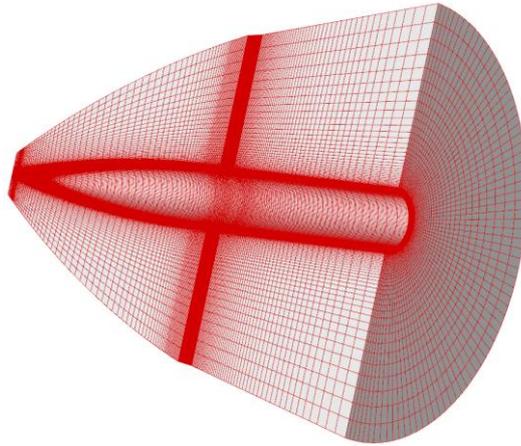
测试环境：8核并行。

- [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
3.33	8.22818E7	0	0	84.22
壁面	网格缩放比	参考展长	参考长度	参考面积
绝热壁面	0.001	0.415	0.415	0.00196
参考坐标				
(0,0,0)				

3 计算网格



约 111 万结构网格单元，包括自定义喷流边界，壁面边界，对称边界，极性轴，远场边界等主要边界条件。

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 `mpirun -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
	nparafile	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
	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

	int from_gtype	2	输入网格类型
	string from_gfile	"./grid/ 3D_jet.cgns"	指定输入网格路径
	string out_gfile	"./grid/ 3D_jet.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_jet_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 文件喷流边界修改参数前后的效果。

```

int nBoundaryConditions = 6;
string bcName = "Solid";
{
    string bodyName = "body";
    int bcType = 2;
}
string bcName = "jet";
{
    string bodyName = "body";
    int bcType = 2;
}
string bcName = "Symmetry";
{
    int bcType = 3;
}
string bcName = "Farfield";
{
    int bcType = 4;
}
string bcName = "Outflow";
{
    int bcType = 6;
}
string bcName = "Pole";
{
    int bcType = 73;
}

```

图 1 修改前的 boundary_condition.hypara 文件

```

int nBoundaryConditions = 6;
string bcName = "Solid";
{
    string bodyName = "body";
    int bcType = 2;
}
string bcName = "jet";
{
    string bodyName = "body";
    int bcType = 5;
    int inflowParaType = 9;
    double primDensity = 41.45637;
    double primU = 0.0;
    double primV = 0.543918;
    double primW = 0.0;
    double primPressure = 8.76743560;
}
string bcName = "Symmetry";
{
    int bcType = 3;
}
string bcName = "Farfield";
{
    int bcType = 4;
}
string bcName = "Outflow";
{
    int bcType = 6;
}
string bcName = "Pole";
{
    int bcType = 73;
}

```

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 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 `mpirun -n 1 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行网格分区

文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	3	空间维数
	nparafile	1	参数文件个数
	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	8	分区数
	string original_grid_file	"/grid/ 3D_jet.fts "	分区前网格文件路径

string partition_grid_file	"/grid/ 3D_jet__8.fts "	分区前网格文件 路径
int numberOfMultigrid	1	多重计算分区

网格分区完成后，grid 文件夹中会新生成名为 3D_jet__8__0.fts 分区后的.fts 格式网格文件。

4.4 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 8 ./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	50000	迭代计算步数
	intervalStepFlow	2000	流场文件步数
	intervalStepPlot	500	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	3.33	来流马赫数
	attackd	0.00	来流攻角
	angleSlide	0.00	侧滑角
	refReNumber	8.22818E7	来流单位雷诺数
	refDimensionalTemperature	84.22	来流温度
	gridScaleFactor	0.001	网格缩放比
	forceRefenenceLengthSpanWise	0.415	参考展长
	forceRefenenceLength	0.415	参考长度
	forceRefenenceArea	0.00196	参考面积
TorqueRefX	0.0	参考坐标	

TorqueRefY	0.0	
TorqueRefZ	0.0	
viscousType	4	NS 方程类型
viscousName	2eq-kw-menter-sst	粘性类型
string str_scheme_name	steger	结构网格:
string str_limiter_name	minvan	空间离散格式 限制器类型
string uns_limiter_name	-	非结构网格:
double venkatCoeff		限制器类型 限制器系数
iunsteady	0	定常/非定常计算
CFLend	5.0	CFL 终止步
nMGLevel	1	多重网格数

5 结论