

# Finner 弹体俯仰振荡模拟（结构网格计算）

## 1 算例概述

该算例用于考察风雷软件<sup>[1,2]</sup>结构求解器刚性动网格功能。

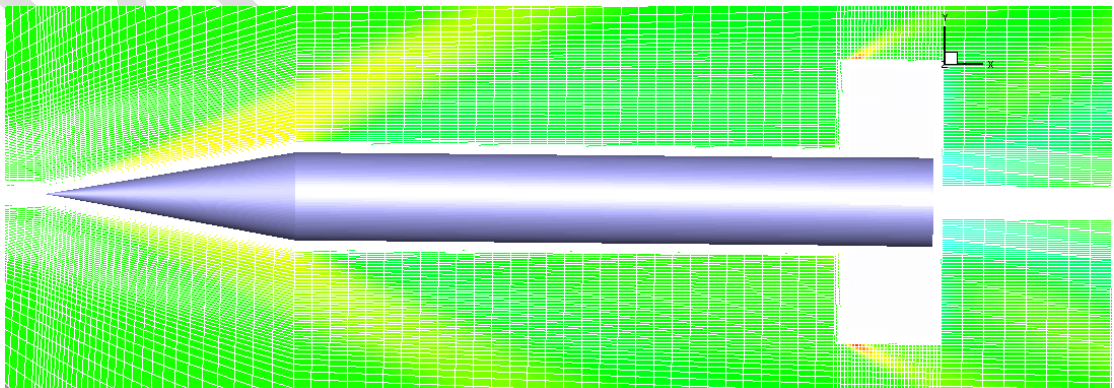
测试环境：16 核并行。

- [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
2.50	4.8E6	0	0	51.0
壁面	参考展长	参考长度	参考面积	参考点
绝热壁面	1	1	0.7854	(5.0,0,0)

## 3 计算网格



约 216 万结构网格单元。

## 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
	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/finner.cgns "	指定输入网格路径
	string out_gfile	" ./grid/finner.fts "	指定输出格路径

### 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	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	16	分区数
	string original_grid_file	" ./grid/finner.fts "	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	" ./grid/finner__16.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\_supersonic.hypara+boundary\_condition.hypara  
+ kinetic.hypara

针对流场计算：(1) 需在 key.hypara 中设置 nparafile=2 和打开 nsimutask=0

(2) 需要进行两次流场计算：1) 首先按照 cfd\_para\_supersonic.hypara (获取初始流场参数设置) 参数设置进行 1000 步定常状态下的初场计算，计算结束后，只保留 results 的流场续算文件 flow\_0.dat；2) 按照 cfd\_para\_supersonic.hypara (基于初始流场非定常动网格计算) 参数设置进行基于初始流场的非定常动网格计算。

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 16 ./PHengLEIv3d0.exe 进行计算

文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	3	空间维数
	nparafile	2	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
	string parafilename1 =	"/bin/kinetic_para.hypara"	运动参数文件路径
boundary_condition.hypara	-	-	采用网格转换后修改好的文件

<b>kinetic.hypara</b>	codeOfAleModel	1	拉格朗日-欧拉模型	
	numberOfMovingBodies	1	运动部件数量	
	mass_0	1	部件质量	
	massMatrix_0[]	1e-7, 1e-6, 1e-6, 0.0, 0.0, 0.0;	部件质量矩阵	
	massCenter_0[]	5.0, 0.0, 0.0	部件的初始六自由度位置信息	
	attitudeAngle_0[]	0.0, 0.0, 0.0	部件初始六自由度位置信息	
	massCenterVelocity_0[]	0.0, 0.0, 0.0	部件初始六自由度运动信息	
	angularVelocity_0[]	0.0, 0.0, 0.0	部件初始六自由度运动信息	
	fartherIndex_0	-1	部件所属物体	
	configPamameter_0[]	0.0, 0.0, 0.0 0.0, 0.0, 0.0	部件装配位置	
	RBDMethod_0	14	部件运动方式	
	amplitude_0	5.0	俯仰振荡振幅	
	reduceFrequency_0	0.05	减缩频率	
	addedForce_0[]	0.0, 0.0, 0.0	附加力 (体轴系)	
	addedMoment_0[]	0.0, 0.0, 0.0	附加力矩(体轴系)	
	<b>cf_d_para_</b> <b>supersonic.hyp</b> <b>ara (获取初始</b> <b>流场参数设置)</b>	morphing_0	0	部件变形方式
		maxSimuStep	1000	迭代计算步数
intervalStepFlow		100	流场文件步数	
intervalStepPlot		100	可视化输出步数	
intervalStepForce		50	气动力输出步数	
intervalStepRes		10	残差输出步数	
refMachNumber		2.5	来流马赫数	
attackd		0.0	来流攻角	
angleSlide		0.0	侧滑角	
refReNumber		4.8E6	来流单位雷诺数	
refDimensionalTemperature		51.0	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		0.7584	参考面积	
TorqueRefX	5.0	参考坐标		
TorqueRefY	0.0			

TorqueRefZ	0.0	
viscousType	1	NS 方程类型
viscousName	"laminar"	粘性类型
string str_scheme_name	"steger"	<b>结构网格:</b>
string str_limiter_name	"minvan"	空间离散格式 限制器类型
string uns_limiter_name	-	<b>非结构网格:</b>
double venkatCoeff		限制器类型 限制器系数
iunsteady	0	定常/非定常计算
physicalTimeStep	0.05	物理时间步
min_sub_iter	15	非定常最小子迭代步
max_sub_iter	31	非定常最大子迭代步
tol_sub_iter	0.0001	非定常子迭代步 $\epsilon$ 量
aleStartStrategy	1	动网格重启方式
ifStartFromSteadyResults	1	是否以定常流场 结果开始非定常 计算
ifLocalTimeStep	0	局部/全局时间步
CFLStart	0.01	CFL 起始步
CFLEnd	10.0	CFL 终止步
CFLVaryStep	50	变 CFL 数步数
nMGLevel	1	多重网格数
visualfileType	1	流场数据可视化 文件类型
maxSimuStep	2000	迭代计算步数
intervalStepFlow	50	流场文件步数
intervalStepPlot	50	可视化输出步数
intervalStepForce	1	气动力输出步数
intervalStepRes	1	残差输出步数
refMachNumber	2.5	来流马赫数
attackd	0.0	来流攻角
angleSlide	0.0	侧滑角
refReNumber	4.8E6	来流单位雷诺数
refDimensionalTemperature	51.0	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

**cfld\_para\_**  
**supersonic.hyp**  
**ara (基于初始**  
**流场非定常动**  
**网格计算)**

forceReferenceArea	0.7584	参考面积
TorqueRefX	5.0	参考坐标
TorqueRefY	0.0	
TorqueRefZ	0.0	
viscousType	1	NS 方程类型
viscousName	"laminar"	粘性类型
string str_scheme_name	"steger"	结构网格： 空间离散格式 限制器类型
string str_limiter_name	"minvan"	
string uns_limiter_name	-	非结构网格： 限制器类型 限制器系数
double venkatCoeff	-	
iunsteady	1	定常/非定常计算
physicalTimeStep	0.05	物理时间步
min_sub_iter	15	非定常最小子迭代步
max_sub_iter	31	非定常最大子迭代步
tol_sub_iter	0.0001	非定常子迭代步 $\epsilon$ 量
aleStartStrategy	1	动网格重启方式
ifStartFromSteadyResults	1	是否以定常流场 结果开始非定常 计算
ifLocalTimeStep	0	局部/全局时间步
CFLStart	0.1	CFL 起始步
CFLend	20.0	CFL 终止步
CFLVaryStep	10	变 CFL 数步数
nMGLevel	1	多重网格数
visualfileType	1	流场数据可视化 文件类型

## 5 结论