

# LES 圆柱绕流算例（非结构网格）

## 1 算例概述

不同雷诺数下的圆柱绕流流动差异很大，雷诺数 3900 条件下的圆柱绕流处于亚临界状态，分离前的边界层为层流，分离后的剪切层逐渐失稳，尾迹呈现三维湍流特性。本算例主要考察风雷软件<sup>[1,2]</sup>LES 方法对钝体绕流的模拟能力。

测试环境：120 核并行。

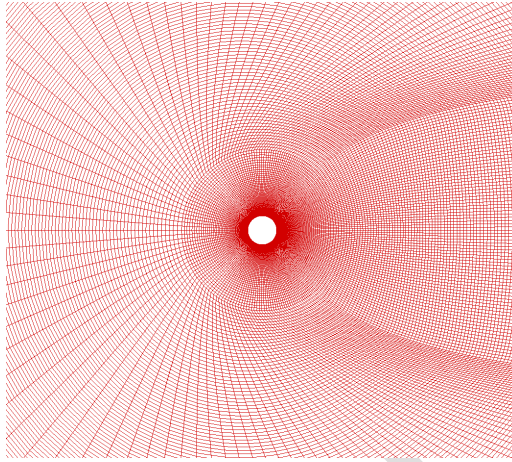
- [1]. 赵钟, 等. 通用 CFD 软件 PHengLEI 设计[J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(2): 210-219. (Zhao Z, et al. Design of general CFD software PHengLEI [J]. Computer Engineering & Science, 2020, 42(2): 210-219. (in Chinese))
- [2]. 赵钟, 等. 适用于任意网格的大规模并行 CFD 计算框架 PHengLEI [J]. 计算机学报, 2018, 42(11): 2368-2383. (Zhao Z, et al. PHengLEI: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

注意：根据算例情况填写计算条件

马赫数	单位长度雷诺数	攻角	侧滑角	来流温度
0.2	3900	0	0	288.15
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



总计约 2737152 非结构网格单元。

### 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 `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
	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	0	网格类型
	axisup	2	坐标方向
	int from_gtype	2	输入网格类型
	string from_gfile	"/grid/ cylinder_les_unstr.cgns"	指定输入网格路径
	string out_gfile	"/grid/ cylinder_les_unstr.fts"	指定输出格路径

注：该算例网格分区时间较长，请耐心等待。

## 4.2 网格分区

网格转换：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
	nsimutask	3	参数类型
	string parafilename =	"/bin/partition.hypara"	相应参数文件路径
partition.hypara	int pgridtype	0	网格类型
	int macproc	120	分区数
	string original_grid_file	"/grid/cylinder_les_unstr.fts"	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	"/grid/cylinder_les_unstr_120.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 120 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行计算

文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	3	空间维数
	nsimutask	0	参数类型
	string parafilename =	"/bin/cfd_para_subsonic.hypara"	相应参数文件路径
cfd_para_subsonic.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	0.2	来流马赫数
attackd	0.00	来流攻角
angleSlide	0.00	侧滑角
refReNumber	3900.0	来流单位雷诺数
refDimensionalTemperature	288.15	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	1 "laminar"	NS 方程类型 粘性类型
string inviscidSchemeName string str_limiter_name	-	<b>结构网格:</b> 空间离散格式 限制器类型
ivencat string uns_limiter_name double venkatCoeff	4 "nolim" 100.0	<b>非结构网格:</b> vencat 限制器类型 限制器类型 限制器系数
iunsteady physicalTimeStep min_sub_iter max_sub_iter tol_sub_iter ktmax CFLStart CFLEnd CFLVaryStep nLUSGSSweeps LUSGSTolerance	1 0.1 25 25 -1.0 1.0e5 0.1 10.0 100 1 0.1	定常/非定常计算 物理时间步 非定常最小子迭代步 非定常最大子迭代步 非定常子迭代步 $\epsilon$ 量 用于控制局部时间步长中 最大和最小时间步长的比 值 CFL 起始步 CFL 终止步 变 CFL 数步数 LUSGS 扫描步 LUSGS 中的前后扫描 $\epsilon$ 量
nMGLevel	1	多重网格数
iLES sgsmodel deltaFunctionType wallDampingFunctionType turbViscousCutType	1 "smagorinsk y" 2 1 2	是否创建 LES 求解器 亚格子尺度模型 网格尺度计算模型 壁面函数模型 湍流粘性系数限制器

	smagConstant	0.11	Smagorinsky 模型的常系数
	isotropicConstant	0.0	亚格子应力各向同性部分的系数
	waleConstant	0.6	WALE 模型的常系数
	filterDirection[]	[1, 1, 0]	动态模型的二次滤波方向
	averageDirection[]	[0, 0, 0]	动态模型系数的平均方向
	testFilterScale	2.0	动态模型的二次滤波尺度
	averageWidth	1	动态模型系数作平均时的带宽
	monitorNegativeConstant	0	动态模型监测负系数的开关
	eddyViscosityLimit	1.0e4	

## 5 结论