

30P30N 点监控算例（结构网格）

1 算例概述

30P30N 多段翼型因包含着极为复杂的流动现象，如层流分离、湍流接触线和再层流化，湍流边界层的发展、层流发展、掺混边界层及粘性尾流相互作用等，而一直作为 CFD 验证与确认的标准算例。

本算例采用风雷软件^[1,2]结构解算器对 30P30N 翼型进行数值模拟，目的是监测流动演化过程中特定点物理量的变化情况。

测试环境：4 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(K)
0.2	9.0e6	19	0	288
壁温 (K)	参考长度 (m)	参考面积 (m ²)	参考点	
绝热壁	1.0	1.0	(0.0, 0.0, 0.0)	

3 计算网格

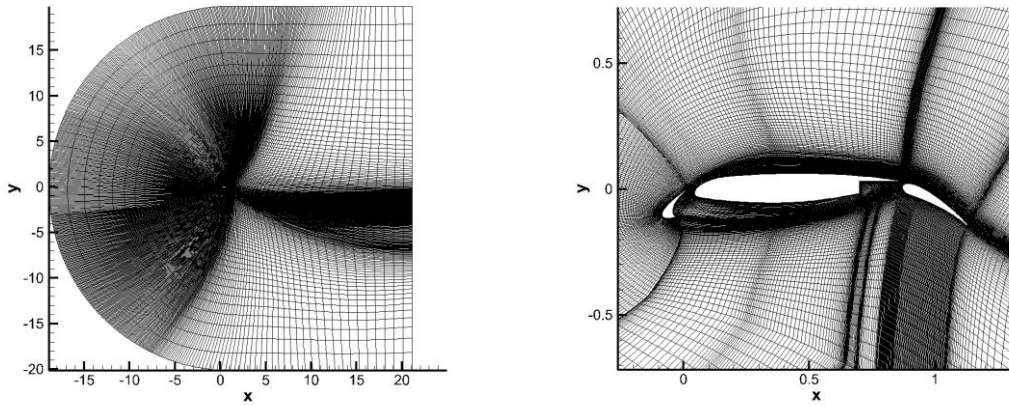


图 1 网格空间拓扑示意图及局部放大图

30P30N 结构网格见图 1 所示，计算域为 x 方向 20 倍弦长、y 方向 20 倍弦长。网格单元总数为 133568，壁面第一层网格约为 1.0E-05m。

4 参数设置

4.1 网格转换

网格转换：key.hypara + grid_para.hypara

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
	axisup	1	坐标方向
	from_gtype	3	输入网格数据类型
	from_gfile	"/grid/30p30n_str.grd"	输入网格路径
	out_gfile	"/grid/30p30n_str.fts"	输出网格路径

在算例目录位置 shift+鼠标右键点击“在此处打开命令窗口”，串行计算。

执行命令：mpixec -n 1 ./PHengLEIv3d0.exe（可执行程序目录）。

4.2 网格分区

网格转换：key.hypara + partition.hypara

文件	参 数	值	备注
key.hypara	ndim	2	空间维数
	nsimutask	3	任务类型
	parafilename	"/bin/partition.hypara"	参数文件路径
partition.hypara	pgridtype	1	网格类型
	macroproc	4	分区数
	original_grid_file	"/grid/30p30n_str.fts"	分区前文件路径
	partition_grid_file	"/grid/30p30n_str_4.fts"	分区后文件路径
	numberOfMultigrid	3	多重网格数

在算例目录位置 shift+鼠标右键点击“在此处打开命令窗口”，串行计算。

执行命令：mpixec -n 1 ./PHengLEIv3d0.exe（可执行程序目录）。

4.3 CFD 计算

CFD 计算：key.hypara + cfd_para_subsonic.hypara
+probes_XYZ.dat（点监控坐标文件）

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	20000	迭代计算步数
	intervalStepFlow	20000	流场输出间隔
	intervalStepPlot	20000	可视化输出间隔
	intervalStepSample	100	点监控输出间隔
	intervalStepForce	100	气动力输出间隔

cfld_para_ subsonic.hypara	intervalStepRes	10	残差输出间隔
	ifLowSpeedPrecon	0	预处理
	refMachNumber	0.2	来流马赫数
	attackd	19	攻角
	angleSlide	0.0	侧滑角
	refReNumber	9.0e6	单位雷诺数
	refDimensional Temperature	288	来流温度
	gridScaleFactor	1.0	网格缩放比
	forceReferenceLength	1.0	参考长度
	forceReferenceArea	1.0	参考面积
	TorqueRefX	0.0	参考点
	TorqueRefY	0.0	
	TorqueRefZ	0.0	
	viscousType	3	粘性模型 (SA 一方程)
	viscousName	"1eq-sa"	
	roeEntropyFixMethod	2	空间离散 默认 Roe 格式 (相关参数)
	roeEntropyScale	1.0	
	str_limiter_name	"smooth"	
	iunsteady	0	定常
	CFLend	10.0	库朗数
	nLUSGSSweeps	5	LUSGS 扫描步数
	nMGLevel	1	多重网格 流场初始化
	flowInitStep	100	
	gridfile	"./grid/30p30n_str__4.fts"	网格文件路径
	plotFieldType	0	全流场输出
	nVisualVariables	8	可视化流场 变量输出
	visualVariables[]	[0, 1, 2, 3,4, 5, 6, 15]	

	ifSetDataMonitor	1	数据监控
	dataMonitorType	0	数据监控类型
	probesDefineFile	"bin/probes_XYZ.dat"	监控点坐标文件
	searchCellsMethod	0	查找单元方法
	nProbeVariables	6	监控流场
	probeVariables[]	[0, 1, 2, 3, 4, 5]	变量输出
	probeVariables	0	监控变量
	InterpolationMethod		插值方法
	reconmeth	1	通量计算限制器 (相关参数)
	limitVariables	0	
limitVector	0		
probes_XYZ.dat	——	4	监控点数
	——	-0.148 -0.102 0.0	监控点 1 坐标
	——	0.041 0.179 0.0	监控点 2 坐标
	——	0.802 0.059 0.0	监控点 3 坐标
	——	1.551 -0.374 0.0	监控点 4 坐标

在算例目录位置 shift+鼠标右键点击“在此处打开命令窗口”，四核并行计算。

执行命令：mpirun -n 4 ./PHengLEIv3d0.exe (可执行程序目录)。

5 计算结果

5.1 残差气动力收敛过程

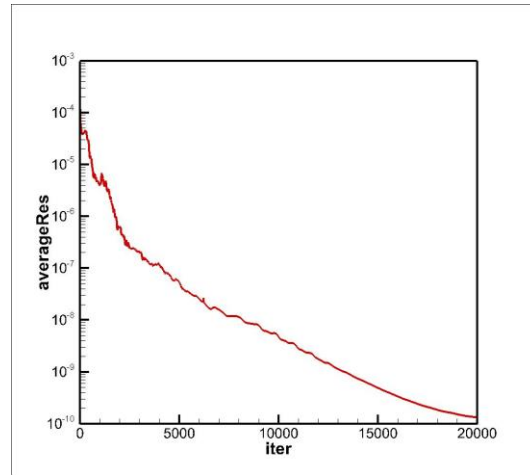


图2 残差计算历程

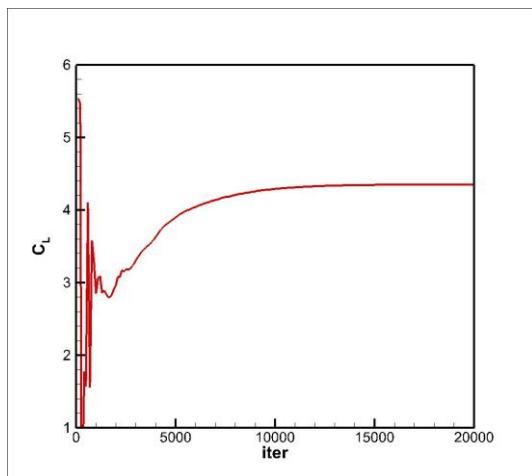


图3 升力系数计算历程

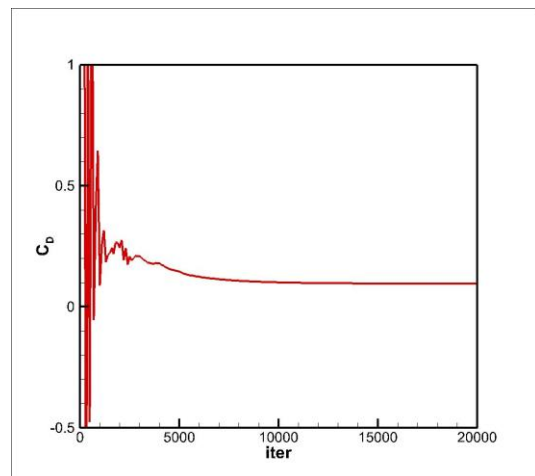


图4 阻力系数计算历程

5.2 流场结果

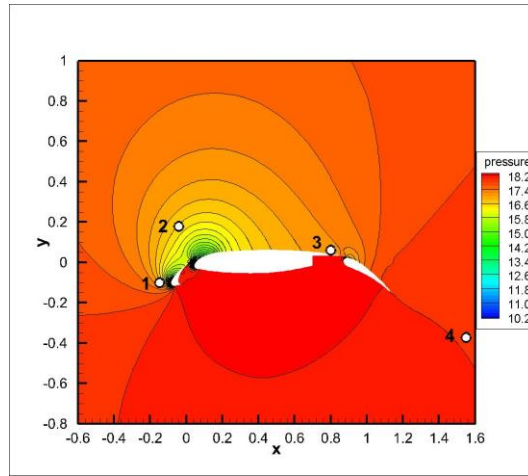
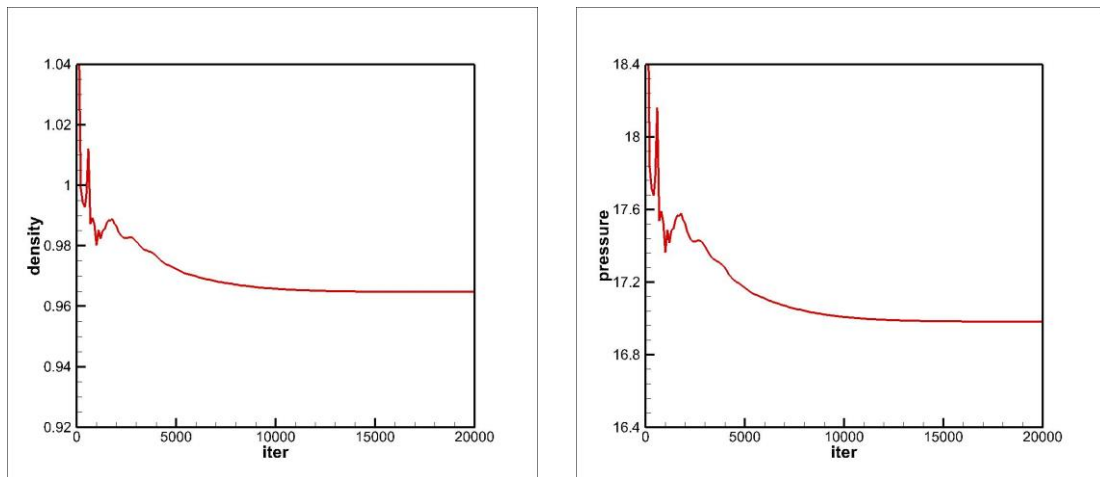


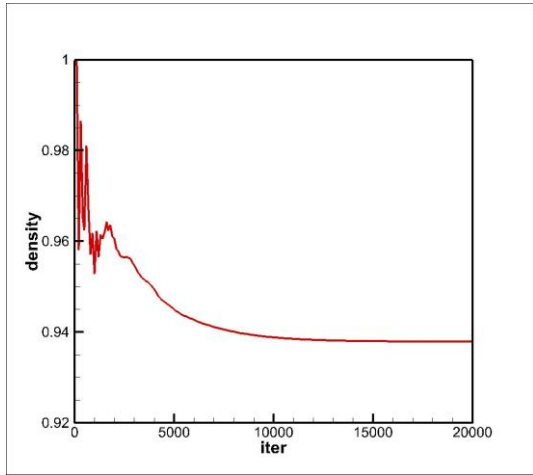
图5 30P30N 多段翼型压力等值云图 (包含监控点)



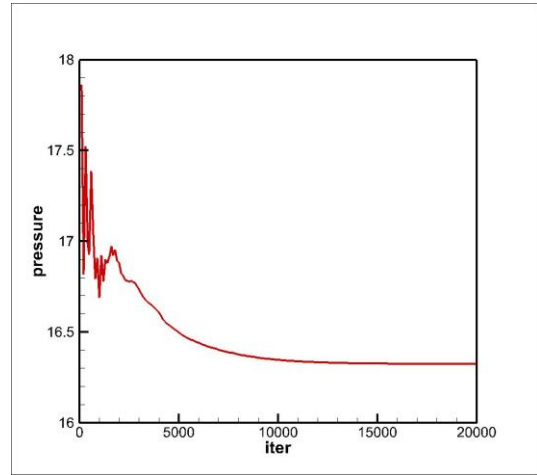
(a) 密度的变化曲线

(b) 压强的变化曲线

图6 30P30N 多段翼型监控点1 流场变量监控结果

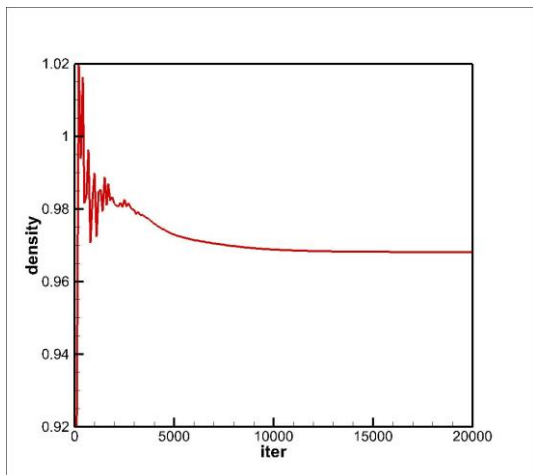


(a) 密度的变化曲线

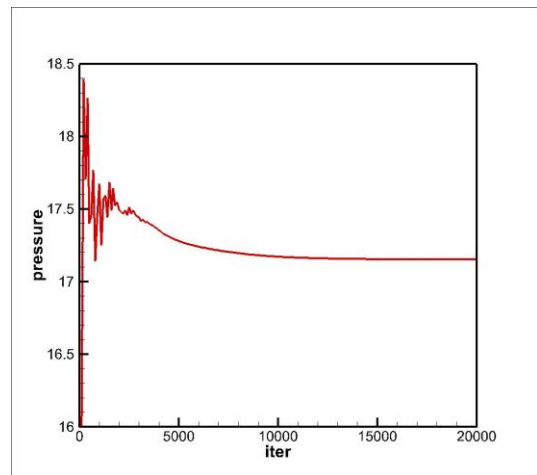


(b) 压强的变化曲线

图 7 30P30N 多段翼型监控点 2 流场变量监控结果

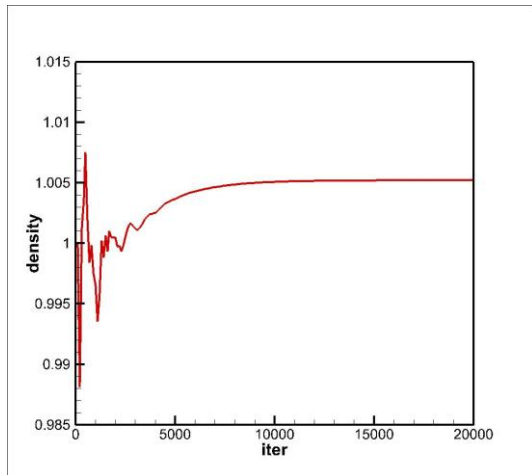


(a) 密度的变化曲线

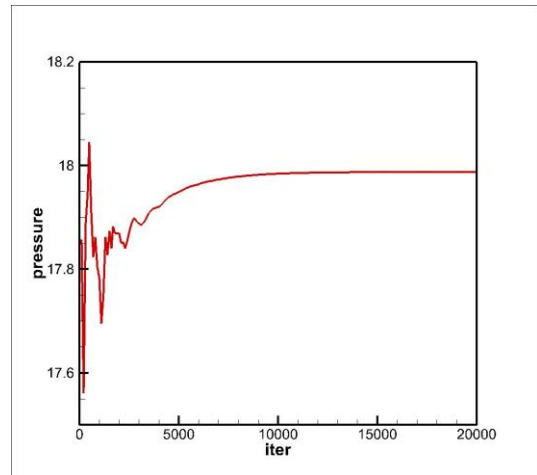


(b) 压强的变化曲线

图 8 30P30N 多段翼型监控点 3 流场变量监控结果



(a) 密度的变化曲线



(b) 压强的变化曲线

图9 30P30N 多段翼型监控点4 流场变量监控结果

6 结论

二维结构 30P30N 多段翼型流动的数值模拟计算结果表明 PHengLEI 结构解算器能够实现点的数据监控功能。