

二维 Rae2822 翼型跨声速绕流(熵修正) (结构网格)

1 算例概述

基于结构网格的二维 Rae2822 翼型跨声速绕流数值模拟, 考核结构解算器新添 6 号熵修正方法的基本性能。

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
0.73	6.5e6	2.31	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

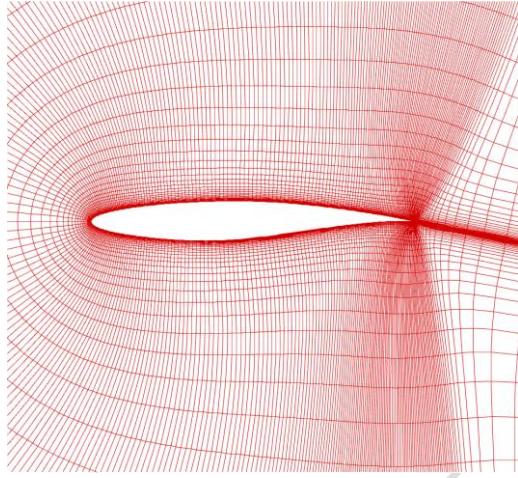


图 1 计算网格

Rae2822 翼型结构网格如图 1 所示。网格单元总数为 23552。

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	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/rae2822_vis2d.grd"	输入网格路径

	out_gfile	"./grid/rae2822_vis2d.fts"	输出网格路径
--	-----------	----------------------------	--------

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	2	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	1	网格类型
	int macproc	4	分区数
	string original_grid_file	"./grid/rae2822_vis2d.fts"	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	"./grid/rae2822_vis2d_4.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_transonic.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 4 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行计算

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_transonic.hypara"	参数文件路径
	maxSimuStep	10000	迭代计算步数

cf_d_para_ transonic.hypar a	intervalStepFlow	500	流场输出间隔
	intervalStepPlot	500	可视化输出间隔
	intervalStepForce	50	气动力输出间隔
	intervalStepRes	50	残差输出间隔
	refMachNumber	0.73	来流马赫数
	attackd	2.31	攻角
	angleSlide	0.0	侧滑角
	inflowParaType	0	来流条件
	refReNumber	6.5e6	来流单位雷诺数
	refDimensional Temperature	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	0.0	参考坐标
	TorqueRefY	0.0	
	TorqueRefZ	0.0	
	viscousType	3	NS 方程类型
	viscousName	SA	粘性类型
	roeEntropyFixMethod	6	熵修正
roeEntropyScale	1.0	(相关参数)	
string inviscidSchemeName	roe	结构网格: 空间离散格式	
string str_limiter_name	smooth	限制器	
double MUSCLCoefXk	0.333333	MUSCL 插值	
uns_scheme_name	roe	非结构网格:	

uns_limiter_name venkatCoeff	vencat 5.0	空间离散格式 限制器 限制器系数
iunsteady CFLEnd nLUSGSSweeps	0 10.0 1	定常计算 终止库朗数 LUSGS 扫描步数
nMGLevel	1	多重网格数
flowInitStep	100	流场初始化步数
plotFieldType	0	全流场输出
nVisualVariables	8	可视化流场
visualVariables[]	[0, 1, 2, 3,4, 5, 6, 15]	变量输出
reconmeth	1	通量计算限制器 (相关参数)
limitVariables	0	
limitVector	0	

5 计算结果

5.1 残差气动收敛及表面压力分布曲线

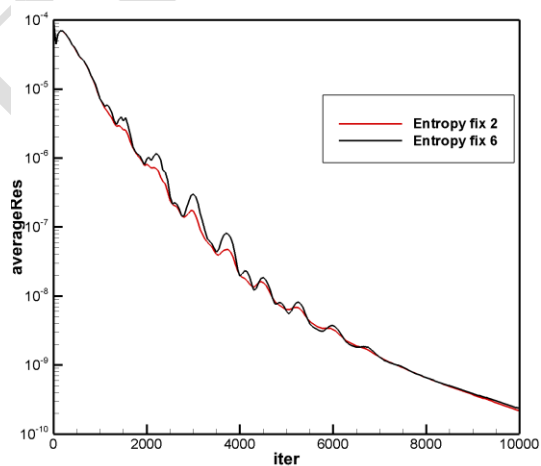


图 1 熵修正 2 与熵修正 6 两种方式残差计算历程对比

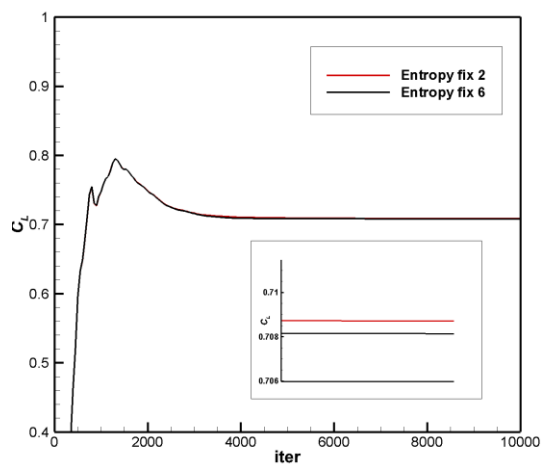


图 2 熵修正 2 与熵修正 6 两种方式升力系数计算历程对比

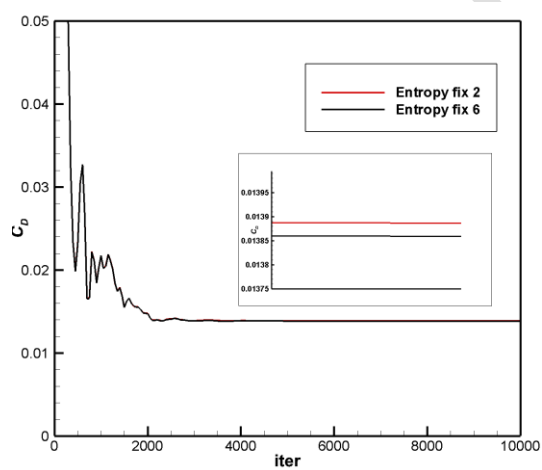


图 3 熵修正 2 与熵修正 6 两种方式阻力系数计算历程对比

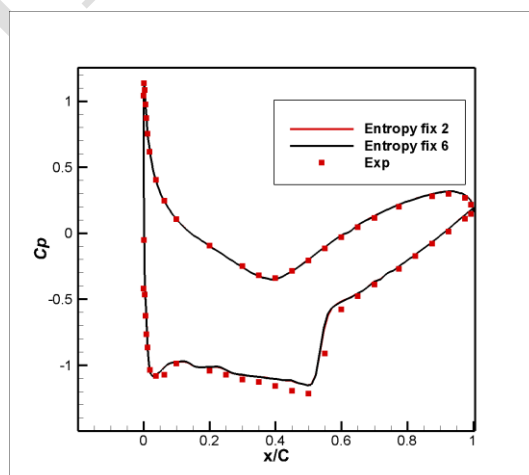


图 4 熵修正 2 与熵修正 6 两种方式表面压力系数计算对比

6 结论

二维 Rae2822 翼型跨声速绕流数值模拟计算结果表明：1) 两种熵修正收敛历程基本一致，升力相差约 $0.2\%=0.0017$ ，阻力相差 0.4count ；2) 新开发的熵修正 6 相比 2019 年开发的熵修正 2 升力阻力略小；3) 两种熵修正压力系数几乎重合。