

三维 CHN-T1 跨声速流动(Matrix LU-SGS) (结构网格)

1 算例概述

基于结构网格的三维 CHN-T1 客机跨声速流动数值模拟，考核 Matrix LU-SGS 结构解算器的基本性能。

测试环境：256 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
0.785	1.703665e7	2.61	0	298.15
壁面	参考展长	参考长度	参考面积	参考点
绝热壁面	1	0.1937	0.12892	(0.66087,0,0)

3 计算网格

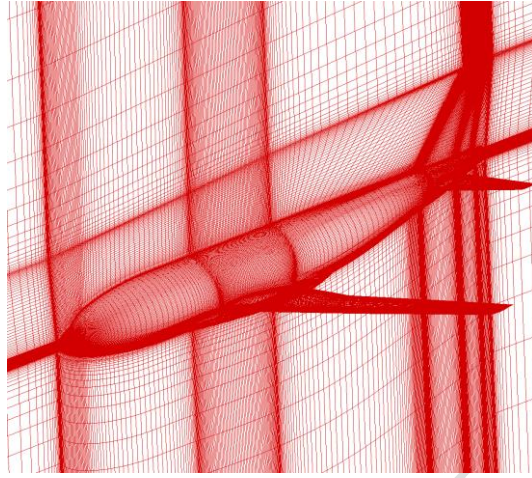


图 1 计算网格

CHN-T1 结构网格如图 1 所示。网格单元总数约为 1400 万。

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
	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	2	坐标方向
	from_gtype	2	输入网格数据类型
	from_gfile	"/grid/chn-t-structure.cgns"	输入网格路径

	out_gfile	"/grid/chn-t-structure.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	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	1	网格类型
	int macproc	256	分区数
	string original_grid_file	"/grid/chn-t-structure.fts"	分区前网格文件路径
	string partition_grid_file	"/grid/chn-t-structure_256.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 256 ./PHengLEIv3d0.exe 进行计算

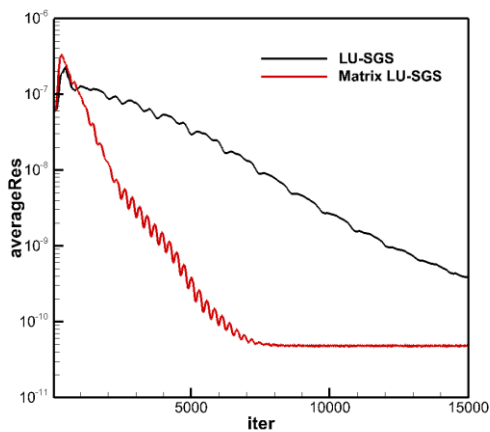
文件	参数	值	备注
key.hypara	ndim	3	空间维数
	nsimutask	0	任务类型
	parafilename	"/bin/cfd_para_transonic.hypara"	参数文件路径
	maxSimuStep	15000	迭代计算步数

cf_d_para_transonic.hypara	intervalStepFlow	1000	流场输出间隔
	intervalStepPlot	1000	可视化输出间隔
	intervalStepForce	100	气动力输出间隔
	intervalStepRes	10	残差输出间隔
	refMachNumber	0.785	来流马赫数
	attackd	2.61	攻角
	angleSlide	0.0	侧滑角
	inflowParaType	0	来流条件
	refReNumber	1.703665e7	来流单位雷诺数
	refDimensional Temperature	298.15	来流温度
	gridScaleFactor	1.0	网格缩放比
	forceReferenceLengthSpan Wise	1.0	参考展长
	forceReferenceLength	0.1937	参考长度
	forceReferenceArea	0.12892	参考面积
	TorqueRefX TorqueRefY TorqueRefZ	0.66087 0.0 0.0	参考坐标
	viscousType viscousName	4 SST	NS 方程类型 粘性类型
	roeEntropyFixMethod roeEntropyScale	2 1.0	熵修正 (相关参数)
	string str_limiter_name	smooth	结构网格: 限制器
	double MUSCLCoefXk	0.333333	MUSCL 插值
	uns_limiter_name venkatCoeff	vencat 5.0	非结构网格: 限制器 限制器系数

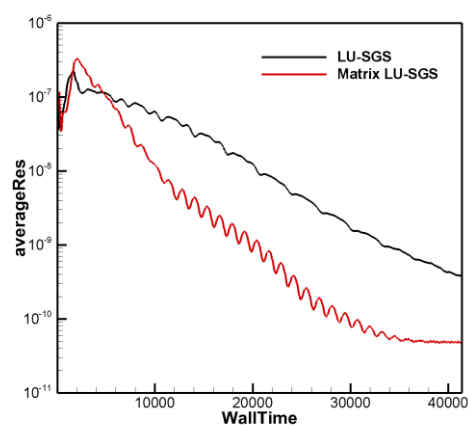
iunsteady	0	定常计算
CFLend	30.0	终止库朗数
tscheme	8 (Matrix LU-SGS)	时间离散方法
nLUSGSSweeps	1	LUSGS 扫描步数
nMGLevel	1	多重网格数
flowInitStep	100	流场初始化步数
plotFieldType	0	全流场输出
nVisualVariables	8	可视化流场
visualVariables[]	[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15]	变量输出
reconmeth	1	通量计算限制器 (相关参数)
limitVariables	0	
limitVector	0	

5 计算结果

5.1 残差收敛曲线



(a) 残差随迭代步变化



(b) 残差随计算时间变化

图 1 LUSGS 与 Matrix LUSGS 残差计算历程对比

6 结论

三维 CHN-T1 客机跨声速流动数值模拟计算结果表明 Matrix LU-SGS 结构解算器在收敛迭代步数和计算时间方面均有显著加速效果。

PHENGLIET