

二维低速湍流平板(Matrix LU-SGS) (结构网格)

1 算例概述

基于结构网格的二维低速湍流平板数值模拟，考核 Matrix LU-SGS 结构解算器的基本性能。

测试环境：串行。

- [1]. 赵钟, 等. 风雷 (PHengLEI) 通用 CFD 软件设计[J]. 计算机工程与科学, 2020, 42(2): 210-219. (Zhao Zhong, 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, 2019, 42(11): 2368-2383. (Zhao Zhong, et al. PHengLEI: A Large Scale Parallel CFD Framework for Arbitrary Grids [J]. Chinese Journal of Computers, 2019, 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
0.2	5.0e6	0	0	288.15
网格缩放	参考展长	参考长度	参考面积	参考点
0.001	1	1	1	(0,0,0)
壁面				
绝热壁面				

3 计算网格

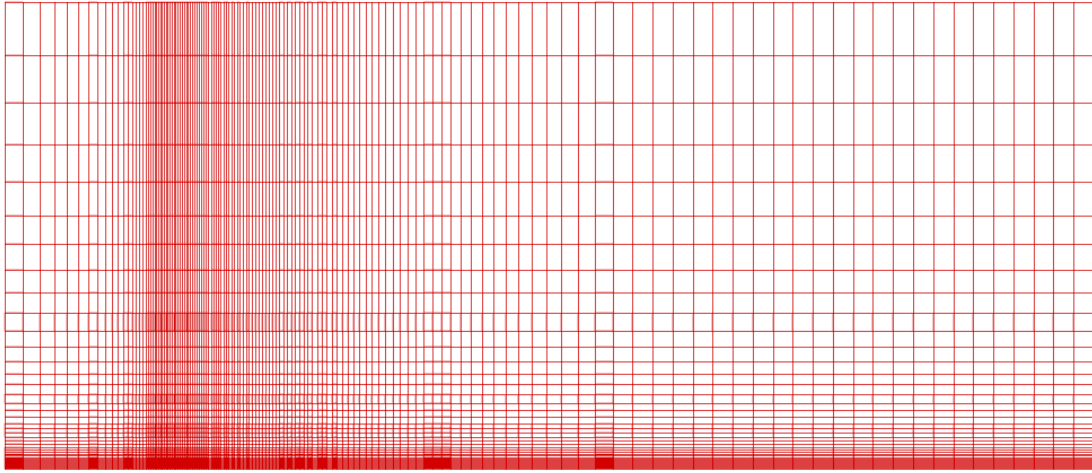


图 1 计算网格

平板结构网格如图 1 所示。网格单元总数为 13056。

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
	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

	from_gtype	3	输入网格数据类型
	from_gfile	"./grid/Mesh4_137_97.grd"	输入网格路径
	out_gfile	"./grid/Mesh4_137_97.fts"	输出网格路径

4.2 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”

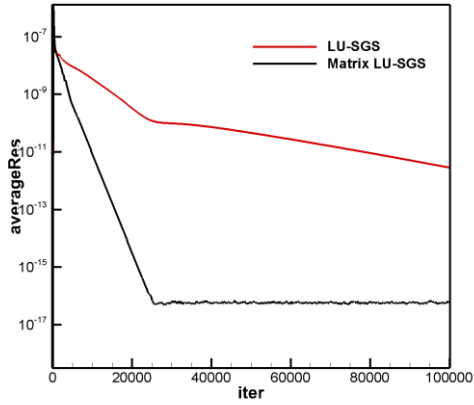
输入 `mpiexec -n 1 ./PHengLEIv3d0.exe` 进行计算

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_subsonic.hypara"	参数文件路径
	maxSimuStep	100000	迭代计算步数
	intervalStepFlow	5000	流场输出间隔
	intervalStepPlot	5000	可视化输出间隔
	intervalStepForce	100	气动力输出间隔
	intervalStepRes	100	残差输出间隔
	refMachNumber	0.2	来流马赫数
	attackd	0.0	攻角
	angleSlide	0.0	侧滑角
	inflowParaType	0	来流条件
	refReNumber	5.0e6	来流单位雷诺数
	refDimensional Temperature	288.15	来流温度
	gridScaleFactor	0.001	网格缩放比
	forceReferenceLengthSpan	1.0	参考展长

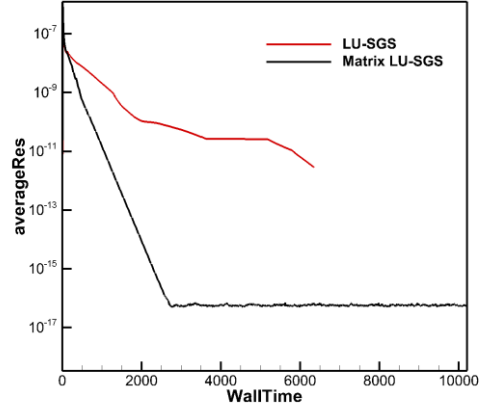
cfld_para_ subsonic.hypara	Wise		
	forceReferenceLength	1.0	参考长度
	forceReferenceArea	2.0	参考面积
	TorqueRefX	0.0	参考坐标
	TorqueRefY	0.0	
	TorqueRefZ	0.0	
	viscousType	4	NS 方程类型
	viscousName	SST	粘性类型
	roeEntropyFixMethod	2	熵修正 (相关参数)
	roeEntropyScale	1.0	
	string str_limiter_name	nolim	结构网格： 限制器
	double MUSCLCoefXk	0.333333	MUSCL 插值
	uns_limiter_name	vencat	非结构网格： 限制器 限制器系数
	venkatCoeff	50	
	iunsteady	0	定常计算
	CFLend	500.0	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 变量输出
	visualVariables[]	[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 15]	
	reconmeth	1	通量计算限制器 (相关参数)
	limitVariables	0	
	limitVector	0	

5 计算结果

5.1 残差气动力收敛曲线

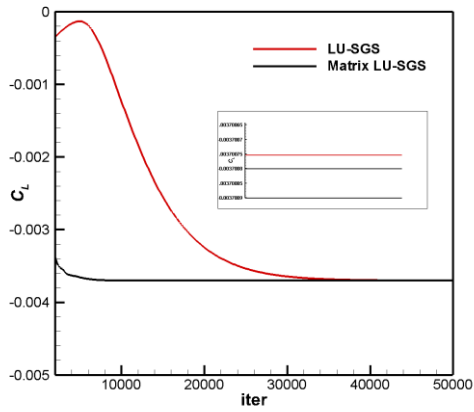


(a) 残差随迭代步变化

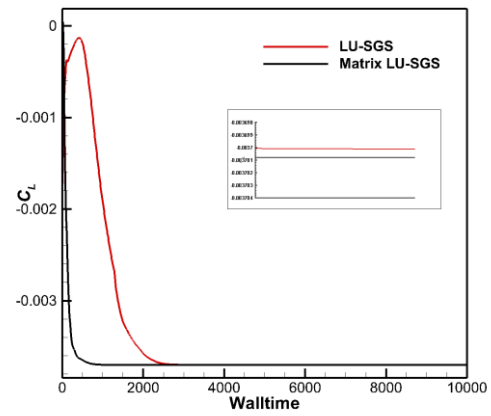


(b) 残差随计算时间变化

图1 LUSGS 与 Matrix LUSGS 残差计算历程对比

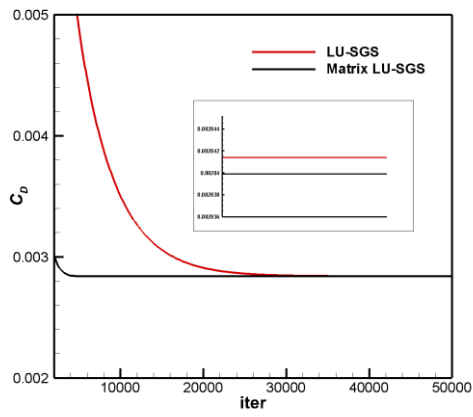


(a) 升力随迭代步变化

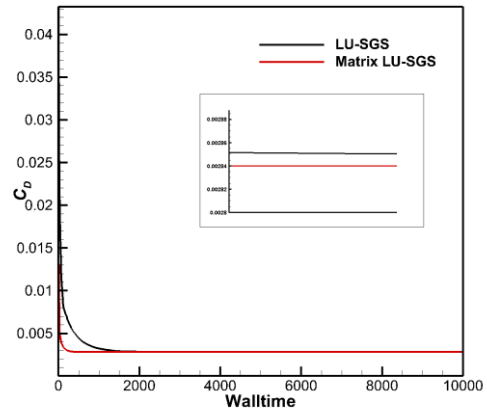


(b) 升力随计算时间变化

图2 LUSGS 与 Matrix LUSGS 升力计算历程对比



(a) 阻力随迭代步变化



(b) 阻力随计算时间变化

图 2 LUSGS 与 Matrix LUSGS 阻力计算历程对比

6 结论

二维低速湍流平板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。